Zur Lehre vom Vibrationssinn

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

einer hohen philosophischen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von

Otto Kietzmann
aus Charlottenburg

Johann Ambrosius Barth, Leipzig
1927

Referent: Professor Dr. D. Katz

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli 1926

BIBLIOTHEEK
RIJKS
UNIV.
LEIDEN

Die Dissertation ist in der *Zeitschrift für Psychologie* Bd. 101, 1927 veröffentlicht.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
§ 1.	Einleitung	377
§ 2.	Wirkung simultaner Vibrationsreize	378
§ 3.	Vibratorische Qualitäten (Phänomenologisches)	389
§ 4.	Verwandtschaft der akustischen und der vibratorischen Empfindung	393
§ 5.	Reaktionszeit bei der Wahrnehmung von Stimmgabelschwingungen	397
§ 6.	Reaktionszeiten für Vibrationsimpulse	398
	Lokalisationsphänomene	
§ 7.	Versuche an Gehörlosen	402
§ 8.	Versuche am Stangendreieck	405
§ 9.	Lokalisation von Fußbodenerschütterungen durch Gehörlose	409
§ 10.	Untersuchung des Zeitfaktors mit Vibratoren	414
§ 11.	Sukzessivschwelle für rein taktile Eindrücke	417
§ 12.	Zeit und Intensität	419

§ 1
Einleitung

Die merkwürdigen Leistungen von Gehörlosen auf musikalischem Gebiet, die KATZ in seinem Tastbuch[1] anführt, können nur verstanden werden, wenn man den Vibrationssinn zu ihrer Erklärung heranzieht. Darüber hinaus spielt der

[1] D. KATZ, Der Aufbau der Tastwelt, Leipzig 1925. S. 191 ff. Weiterhin zitiert als KATZ.

Vibrationssinn auch im Leben des normal Hörenden eine bisher ungeahnte Rolle. Auf sie hingewiesen zu haben und damit dem Vibrationssinn die ihm gebührende Beachtung durch die Forschung erworben zu haben, ist das besondere Verdienst der Katzschen Arbeit. Mit Recht weist Klemm in der zweiten deutschen Ausgabe von Titcheners Lehrbuch darauf hin, dafs man auf dem Gebiete der Vibrationsempfindungen noch mit Überraschungen rechnen mufs. Bei der Vernachlässigung, die der Vibrationssinn bisher von seiten der psychologischen Forschung erfahren hatte, ist hier fast noch alle Arbeit zu tun. Unter den noch ausstehenden Aufgaben wählte ich auf Anregung von Herrn Professor Katz die folgenden vier zur Bearbeitung:

1. Die gegenseitige Beeinflussung simultaner Vibrationsreize.
2. Qualitativer Reichtum des Vibrationssinnes.
3. Reaktionsversuche mit taktilen und vibratorischen Reizen.
4. Lokalisatorische Leistungen des Vibrationssinnes.

Die Versuche, über die ich zu berichten habe, galten im wesentlichen den Erlebnissen, die man als Vibrationsstöfse bezeichnen kann. Fast alle in Betracht kommenden Reize bewegen sich in Schwellennähe; es musste nämlich aus methodischen Gründen unser ständiges Bestreben sein, unter der Hörschwelle zu bleiben. Unsere Vibrationen dürften sich in ihrer Gröfsenordnung nicht wesentlich unterscheiden von denjenigen Dauervibrationen, die Katz und Noldt[1] gemessen haben. Darum kann auch bei unseren Vibrationsstöfsen keine Rede davon sein, dafs es sich bei ihnen um Bewegungserlebnisse im Gebiet des alten Drucksinns handle.

§ 2
Wirkung simultaner Vibrationsreize

Versuchsanordnung. Wir untersuchen im folgenden die Frage, wie zwei gleichzeitig gegebene vibratorische Erregungen aufeinander wirken. Abbildung 1 zeigt die dabei

[1] D. Katz u. F. Noldt, Über die kleinsten vibratorisch wahrnehmbaren Schwingungen. *Zsch. f. Psychol.* **99**, S. 104.

verwandte Versuchsanordnung. Sie läfst deutlich drei Teile unterscheiden, den Fallapparat mit Fallkörper, die leitende Stange und die Empfangsstation. Der Fallapparat ist in ein Rahmengestell aus Bandeisen eingebaut, das einem Fufsbrett aufgeschraubt ist. Sein wichtigster Bestandteil ist ein kleiner Elektromagnet, der an einer 70 cm langen Triebstange befestigt ist, die durch ein Zahnrad in der Senkrechten auf und ab bewegt werden kann. Dem Magneten sitzt unten ein Celluloidplättchen auf, das in der Mitte eine stecknadelkopfgrofse Durchbohrung zeigt, die die Aufhängung des Fallkörpers an immer gleicher Stelle verbürgt. Das Gestell trägt auf der Innenseite eine Skala mit Millimetereinteilung, vor der sich ein der Triebstange aufgelöteter Zeiger bewegt. Der Fallkörper ist ein hohler birnenförmiger Gummipfropf, wie er im Handel als Antiphon erhältlich ist. Er trägt oben einen stählernen Stecknadelkopf, mit dem der Fallkörper vom Magneten gehalten wird. Etwa 1 cm über dem Fufsbrett hat der Rahmen beiderseits einen Durchlafs zur Aufnahme der Leitungsstange (trocknes Kiefernholz, 3 m lang, 15 mm breit, 17 mm dick). Dem Ende der Stange wurde eine Querleiste aufgeschraubt (17,0·1,9·0,7 cm). Von dieser Leiste wird die Vibration durch die Finger abgenommen, und zwar ungedämpft oder gedämpft. In Abbildung 2 ruht der Zeigefinger auf dem rechten, gedämpften Teil der Querleiste. Die Dämpfung bestand aus Flanellstreifen, deren Breite der Breite der Querleiste und deren Länge etwa der halben Länge der Querleiste entsprach. Durch Hinzufügen oder Wegnehmen einzelner Flanellstreifen konnte die Dämpfung variiert werden. Um den Berührungseindruck auf beiden Seiten gleichzumachen, wurde über die Flanellstreifen ein kleines Deckbrettchen gelegt, aus demselben Holz und ebenso geglättet wie die Querleiste. Die Länge des Stabes machte seine Unterstützung an einer zweiten Stelle in der Nähe des Tisches nötig, an dem die Vp. Platz nahm. Die Unterstützung mufste so beschaffen sein, dafs einmal nur die beabsichtigte Leitung und keine Übertragung auf die Unterlage des Armes der Vp. in Frage kam, zum anderen durfte sie nicht so starr sein, dafs die Weiterleitung beeinträchtigt wurde. Beides wurde dadurch erreicht, dafs am benachbarten Fensterbrett ein runder Holzstab be-

festigt wurde, dem die Stange lose auflag. Diese und die weiter genannten Maßnahmen scheinen übertrieben, haben sich aber als notwendig erwiesen im Hinblick auf die erstaunlich kleinen Vibrationen, die perzipiert werden können. Um Nebenleitung von Tisch zu Tisch durch den Fußboden auszuschließen, wurde der Fallapparat auf eine dicke, vierfache Decke gestellt und vom Versuchsleiter während der Versuche gar nicht unmittelbar berührt. Der Schalter, der den Elektromagneten in Tätigkeit setzte, war unabhängig vom Tisch auf dem Fensterbrett befestigt. Tritte im Nebenzimmer, Holzhauen im Garten unter dem Fenster machten sich im späteren Übungsstadium der Vp. so stark bemerkbar, daß Versuche unmöglich wurden.

Viel Sorgfalt forderte auch die Ausschaltung des Akustischen. Die Leitungsstange wurde dick in Watte verpackt, wie es Abbildung 1 und 2 zeigen. Hauptsächlich aber galt es, den Zugang zum Gehör zu versperren. Das geringe Gewicht der Fallkörper und die Montierung des gesamten Apparates auf einer dicken, vierfachen Decke vermochten nicht, den Schall genügend zu dämpfen. Nur selten gelang die Ausschaltung des Akustischen durch sogenannte Antiphone, kleine, hohle Gummikörper, die in den äußeren Gehörgang eingeführt werden und ihn luftdicht abschließen. Meist versagten diese selbst in Verbindung mit einem eigens für unsere Zwecke konstruierten schalldämpfenden Helm. Dieser bestand aus einem Pappkarton, der, dick mit Watte ausgestopft, über den Kopf gestülpt wurde.[1] Von besonderen Lärmapparaten, die den Schall übertäuben sollten, sind wir nach mannigfachen Versuchen abgekommen, da sie störende Vibrationen auslösen, sobald man sie hinreichend stark macht. Am einfachsten und wirksamsten erwies sich das feste Zu-

[1] Daß ein Karton gelegentlich als Sensibilisator wirken kann, ist eine unter Gehörlosen ziemlich bekannte Erfahrung. Wenn der Taubstumme einen Karton berührt oder auch nur ein Blatt Papier in der Hand hält, ist er zuweilen imstande, festzustellen, daß in seiner Nähe gesprochen wird, während ihm ohne dieses Hilfsmittel selbst lautes Schreien in nächster Nähe nicht zum Bewußtsein kommt. Selbst eine meiner hörenden Vpn. berichtet, daß sie einmal eine Autohupe durch eine Papierrolle hindurch aufdringlich in der Hand gespürt habe.

drücken der Ohren durch einen Assistenten. Vpn., bei denen sich mit keinem der vorstehend aufgeführten Mittel eine restlose Ausschaltung des Akustischen ermöglichen liefs, kamen für unsere Versuche nicht in Betracht.

Für Vexierversuche wurde eine Einrichtung getroffen, deren Konstruktion aus Abbildung 2 erhellt. Neben unserer Hauptleiste wurde eine ganz gleiche Vexierleiste aus demselben Holz und mit denselben Ausmessungen angebracht, diese hatte aber keine Verbindung mit der Leitungsstange, sondern war am erschütterungsfreien Tisch befestigt. Beide Leisten waren durch eine darüber gestülpte Kappe aus Karton den Blicken der Vp. entzogen. Die Kappe war seitlich offen, so dafs die Finger nach Vorschrift auf diese oder jene Leiste gelegt werden konnten, ohne dafs die Vp. zu erkennen vermochte, um welche es sich handelte. Mit Hilfe der Vexierleiste konnte das Akustische leicht als Fehlerquelle aufgewiesen werden, gab nämlich die Vp. bei Lage der Finger auf der Vexierleiste an, etwas zu spüren, oder gar dasselbe Erlebnis zu haben wie bei Berührung der Querleiste, so konnte es sich nur um einen event. mit einem vibratorischen Eindruck verwechselten akustischen handeln, eine Verwechslung, die verständlich wird aus der auffälligen Ähnlichkeit zwischen vibratorischen und akustischen Empfindungen.

Die Vp. safs so, dafs sie die Leitungsstange in der Medianebene vor sich hatte. Unterarme und Hände waren bequem gelagert, so dafs die Zeigefinger leise auf die Enden der Hauptleiste oder der Vexierleiste gelegt werden konnten, ohne durch das Gewicht der Hand beschwert zu werden. Diese Mafsnahme empfahl sich auf Grund der Erfahrung, dafs zunehmender Druck die Vibrationsempfindlichkeit beeinträchtigt.

Durchführung der Versuche. Bei den Versuchen wurde zunächst für den einen Zeigefinger einer Vp. unter Verwendung stark dämpfender Flanellschichten die Vibrationsschwelle festgestellt. Bei Vp. Ke. bestand die Dämpfung aus 15 Lagen Flanell und dem darüber gelegten Deckplättchen. Fallkörper 890 mg. Bei einer Fallhöhe von 10,0 cm wurde die Vibration eben unterschwellig. Wir vergrölserten die Fallhöhe nun so weit, dafs die Vibrationsempfindung bei mindestens 6 unmittelbar aufeinanderfolgenden Darbietungen keinmal

ausblieb. Das galt für eine Fallhöhe von 11,5 cm. Jetzt wurde für den anderen Zeigefinger auf dem anderen Ende der Haupt-

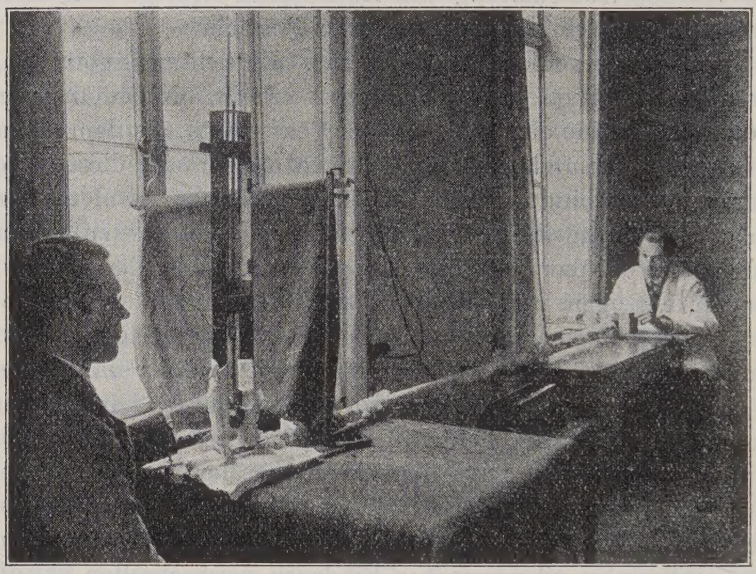


Abbildung 1

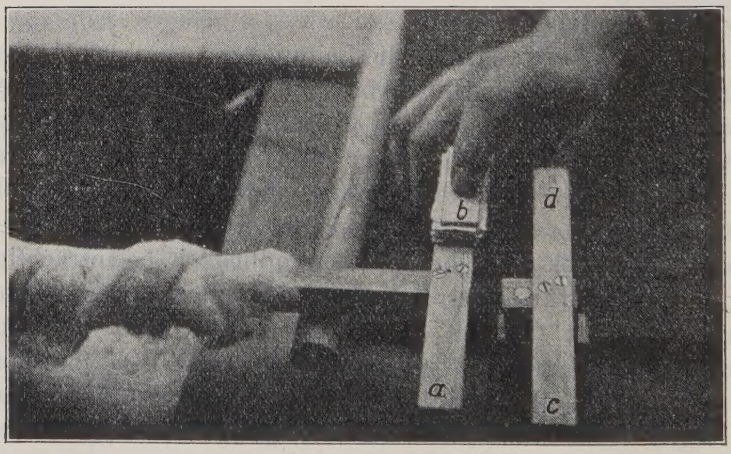


Abbildung 2

leiste die Vibrationsschwelle ohne Dämpfung bestimmt. Sie lag, wie zu erwarten, wesentlich tiefer, nämlich bei einer Fall-

höhe von 5,6 cm. Bei einer Fallhöhe von 11,5 cm kam es in diesem „ungedämpften“ Finger zu einer deutlichen, stark überschwelligen Empfindung. Von jetzt ab liefsen wir die Fallhöhe unverändert auf 11,5 cm. Wurden nun beide Zeigefinger auf die Hauptleiste aufgelegt, der eine auf die gedämpfte, der andere auf die ungedämpfte Seite, und liefs man nun den Fallkörper aus 11,5 cm Höhe herabfallen, so verschwand die Empfindung auf der gedämpften Seite. Auch wenn die Vp. angewiesen wurde, ihre Aufmerksamkeit lediglich auf die „gedämpfte“ Seite zu konzentrieren, blieb das Resultat dasselbe: Die bei sukzessiver Darbietung schwach überschwellige Empfindung wurde bei simultaner Darbietung völlig unterdrückt durch die stärkere Empfindung. Obwohl die Vp. angibt, nur im „ungedämpften“ Finger zu empfinden, so unterscheidet sich dennoch der Gesamteindruck von dem Eindruck, den man erhält, wenn nur der ungedämpfte Finger erregt wird, und zwar handelt es sich nicht um einen bloſsen Zuwachs an Intensität. Nach Vp. Ke. unterscheidet sich der Einzeleindruck von dem Gesamteindruck wie ein punktueller von einem räumlich ausgedehnten mit ausgesprochener Gerichtetheit. Vp. R. versucht den Gesamteindruck dahin zu charakterisieren, daſs von dem „gedämpften“ Finger eine minimale Strahlung auszugehen scheine, hinein in die eigentliche Empfindung, die kreisförmig um den stärkeren, punktförmigen Reiz gelagert sei. Versuche mit Wechsel der Dämpfung links und rechts ergaben dasselbe Resultat.

Tabelle 1

Vpn.	Fallkörper in mg	Dämpfung (Flanell-lagen)	Schwelle für den „gedämpften“ Finger in cm	Schwelle für den „ungedämpften“ Finger in cm	Simultane Darbietung bei Fallhöhe in cm
1. Ke.	890	15	10,0	5,6	11,5
2. St.	720	15	4,0	2,8	5,0
3. H.	890	15	2,4	1,8	3,0
4. R.	2500	15	2,2	1,6	3,0
5. M.	2500	8	14,0	10,0	15,0
6. E.	890	8	6,0	3,0	7,0

Die Versuche wurden im ganzen mit 6 Vpn. durchgeführt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verwendeten Fallhöhen in cm und die Dämpfungsgrade. Die Versuche wurden mit den Vpn. Ke. und St. wissentlich, mit den Vpn. H., R., M. und E. unwissentlich durchgeführt. Mit der Wissentlichkeit der Versuche mag es zusammenhängen, daſs Vp. St. in den beiden ersten von 14 Versuchen mit simultaner Darbietung angab, sie sei unsicher, ob sie die Vibration nicht in beiden Fingern empfinde. Beim ersten von 10 Versuchen mit simultaner Darbietung glaubte Vp. R. die Vibration nicht nur in den beiden Fingern, sondern auch in einem Teil des Unterarms empfunden zu haben. Im übrigen ergab sich bei allen Vpn. wie bei Ke., daſs die Empfindung im gedämpften Finger ausblieb.

Um zu untersuchen, wie die Unterdrückung einer schwächeren Vibrationsempfindung durch eine stärkere abhängt von dem relativen Unterschied der Reizstärke der beiden gleichzeitig dargebotenen Vibrationen, machten wir Versuche mit 3 sich deutlich voneinander abhebenden Reizstärken. (Die Fallhöhen I, II und III in Tabelle 2). Bei jeder Fallhöhe wurde der Reiz zunächst jedem Finger einzeln (dem einen mit, dem anderen ohne Dämpfung), dann beiden Fingern gemeinsam dargeboten. Dämpfung: 8 Lagen Flanell + Deckbrettchen. Unter I wählten wir eine Fallhöhe, bei der sich völlige Unterdrückung (U) auf der „gedämpften“ Seite ergab. Der Intensitätsunterschied zwischen „gedämpft“ und „ungedämpft“ war sehr beträchtlich. Bei II war dieser Unterschied geringer, aber immerhin noch deutlich. In 10 von 12 Versuchen mit simultaner Darbietung fand bei Vp. Ke. Unterdrückung der Empfindung auf der „gedämpften“ Seite statt. In den beiden abweichenden Fällen äuſserte die Vp.: „Es zieht von links nach rechts herüber“ (links ungedämpft). Vp. H. äuſsert zweimal: „Unsicher, ob nicht in beiden Fingern empfunden.“ Bei Vp. Sch. war hier 6mal eine Empfindung in beiden Fingern vorhanden. Bei diesen 3 Vpn. bestand also eine merkliche Tendenz der schwächeren Empfindung, sich durchzusetzen. Bei III trat der Eindruck schon ausnahmslos in beiden Fingern auf, mit mehr oder weniger Gerichtetheit von der Seite des stärkeren Reizes her. Die Differenz zwischen „gedämpft“ und „ungedämpft“ war meist noch ge-

rade spürbar. Wir erhalten also als Ergebnis unserer Versuche: Je merklicher die Differenz zwischen den beiden Vibrationsempfindungen ist, um so sicherer findet die Unterdrückung der schwächeren statt.

Tabelle 2

n = 12

Vpn.	Fallkörper in mg	I in cm	Ergebnis	II in cm	Ergebnis	III in cm	Ergebnis
Ke.	890	6	12 U	12	10 U	18	keine U
H.	890	6	12 „	12	10 „	18	„
Za.	2500	12	12 „	18	12 „	26	„
Sch.	2500	2	12 „	5	6 „	10	„
M.	2500	15	12 „	20	12 „	26	„
E.	2500	6	12 „	10	12 „	20	„

Eine zweite Möglichkeit, die Stärke der beiden Vibrationsempfindungen einander anzunähern, lag darin, die Dämpfung allmählich zu verringern. Eine dahingehende Versuchsreihe wurde mit Vp. Ke. durchgeführt. Sie gestaltete sich folgendermafsen: Die Dämpfung bestand zunächst aus 10 Lagen Flanell. Die Schwelle auf der „gedämpften“ Seite lag bei 15 cm, auf der „ungedämpften“ bei 12,8 cm. Eine Fallhöhe von 18 cm ergab bei sukzessiver Darbietung eine eben merkliche Empfindung auf der „gedämpften“ und eine sehr deutliche Empfindung auf der „ungedämpften“ Seite. Bei simultaner Darbietung ergab sich das uns aus den vorigen Versuchen bekannte Ergebnis: Empfunden wurde nur im „ungedämpften“ Finger. Die Fallhöhe von 18 cm blieb nun konstant, verändert wurde die Zahl der Tuchlagen. Auch Herabminderung der Tuchlagen auf 5 liefs die völlige Unterdrückung der schwächeren Erregung bestehen. Bei 4 Tuchlagen tauchte zum erstenmal gelegentlich die Aussage auf: „Unsicher, ob nicht in beiden empfunden.“ Selbst bei 3 Tuchlagen war Unterdrückung die Regel. Bei 2 Tuchlagen erscheint häufig und bestimmt die Angabe: „In beiden gespürt.“ Daneben hält sich noch die Aussage: „Im ‚ungedämpften‘ allein.“ Bis endlich bei einer Dämpfung von einer Tuchlage die Empfindung ausnahmslos in beiden Fingern auftritt.

Die Versuche ergeben also auch, dafs die Unterdrückung des schwächeren Reizes durch den stärkeren um so sicherer erfolgt, je gröfser die Intensitätsdifferenz zwischen den beiden ist. Hierher gehört auch folgende Beobachtung: Vp. Z. (völlig taub) spürt die Annäherung von Wagen und Autos auf der Strafse deutlich in den Füfsen. Ertönt aber in unmittelbarer Nähe eine Autohupe, so verschwindet in demselben Augenblick jedes Vibrationserlebnis in den Füfsen. Es bleibt lediglich der im Brustkorb lokalisierte aufdringlichere Eindruck, den die Hupe auslöst.

Die Unterdrückung schwächerer Reize kommt auch in anderen Sinnesgebieten vor. Aus dem Akustischen ist allgemein bekannt, dafs mit Verstummen des Tageslärms uns in der Nacht Geräusche zum Bewufstsein kommen, die auch am Tage vorhanden, aber übertäubt waren. So höre ich z. B. die Turmuhr unseres Charlottenburger Rathauses nur des Nachts schlagen.

Eine starke Vibrationsempfindung kann eine gleichzeitig gegebene schwache unterdrücken und deren selbständiges Auftreten verhindern. Aber dabei wird die Wirkung der schwachen nicht völlig ausgelöscht. Eine besondere Versuchsreihe soll nun dieser speziellen Wirkung nachspüren. Die Versuchsanordnung ist dieselbe wie bisher. Die Dämpfung bestand jedesmal aus 8 Lagen Flanell + Deckbrettchen. Sie lagen in allen Versuchen auf b, also unter dem rechten Zeigefinger. Bei allen Vpn., mit Ausnahme von Vp. Ke., handelte es sich um streng unwissentliche Versuche. Bei jeder Vp. wurde zunächst für b eine Fallhöhe ermittelt, die im rechten Zeigefinger eine eben merkliche Empfindung hervorrief. Dann wurde für a die Schwelle ermittelt. Die Fallhöhe lag hier natürlich wesentlich tiefer. Für die simultane Reizung der beiden Finger wurde die für b ermittelte Fallhöhe gewählt.

Wie früher stellte sich dabei wieder Unterdrückung von b ein. Jetzt bekam die Vp. den Auftrag, den rechten Zeigefinger auf das völlig vibrationsfreie d zu legen, während der linke auf a blieb. Es wurden nun mehrfach hintereinander zum Vergleich dargeboten die Kombinationen a + b und a + d. In vielen Fällen kam schon unaufgefordert, in anderen auf Befragung die Bemerkung, dafs a + b stärker sei als a + d.

Wir finden also: Eine stärkere Vibrationsempfindung kann einer simultan gegebenen schwächeren die Selbständigkeit des Auftretens nehmen, aber die Wirkung der so unterdrückten Empfindung äufsert sich in einer deutlichen Verstärkung der an sich stärkeren. Über die Reizverhältnisse unterrichtet Tabelle 3.

Tabelle 3

Vpn.	Fallkörper in mg	eben überschw. in b in cm	Schwelle für a in cm	Simultane Darbietung bei: in cm
Za.	2500	6,0	2,5	6,0
E.	890	8,0	6,0	8,0
M.	2500	14,0	10,0	14,0
Ke.	890	7,0	3,5	7,0
H.	890	7,0	3,5	7,0

Dafs die schwächere Empfindung, ohne selbst bewufst zu werden, eine simultan gegebene stärkere verstärken kann, haben Kreidl und Gatscher auch für das Akustische nachgewiesen.[1]

Was geschieht, wenn man links und rechts je einen unterschwelligen Reiz darbietet? Um das festzustellen, mufste zunächst eine Fallhöhe ermittelt werden, bei der ohne Dämpfung der Reiz in jedem Finger einzeln eben unterschwellig wurde. Die Fallhöhe wurde so bestimmt, dafs in wenigstens 6 aufeinanderfolgenden Darbietungen keine Vibrationsempfindung im einzelnen Finger eintrat. Wurden nun diese zwei unterschwelligen Reize simultan dargeboten, so wurden sie deutlich überschwellig. Wie hiernach erwartet werden durfte, lag die ebenmerkliche „2-Finger-Schwelle“ ein bemerkenswertes Stück unter der jederseitigen „1-Finger-Schwelle“. Die „2-Finger-Schwelle“ galt uns als gesichert, wenn in mindestens 10 aufeinanderfolgenden Versuchen bei a + b jedesmal, dagegen bei a + d und b + c niemals eine Empfindung konstatiert wurde.

[1] A. Kreidl und S. Gatscher, Physiol.-akustische Untersuchungen. III. Mitteilung. Über den Synergismus der Ohren. I. Über die monotische und diotische Tonverstärkung. *Pflüg. Arch.* **207**, S. 85—91, 1925.

Tabelle 4

Vpn.	Fallkörper	links in cm	rechts in cm	2-Finger-Schwelle in cm
Ke.	890 mg	6,1	6,1	5,0
H.	890 mg	3,6	3,4	1,6
E.	890 mg	6,0	8,0 (mit Dämpf.)[1]	5,0
Za.	$2^1/_2$ g	2,5	2,5	2,0
M.	$2^1/_2$ g	5,5	10,0	4,5

Ein Vergleich der Rubriken unter „links“ und „rechts“ mit den Zahlen unter „Schwelle für a“ der Tabelle 3 ergibt für einige Vpn. eine gute Übereinstimmung (Vp. E., Za. und H.). Für Vp. Ke. und M. sind beträchtliche Abweichungen festzustellen. Sie liegen begründet in der jeweiligen Disposition der Vp. und haben nichts Befremdliches für den, der viele derartige Schwellenbestimmungen im Vibratorischen durchgeführt hat. Ich habe den Eindruck, dafs die vibratorischen Schwellen in höherem Grade Schwankungen auf Grund wechselnder persönlicher Disposition unterworfen sind als diejenigen anderer Sinnesgebiete. Was die Empfindung in beiden Zeigefingern für a + b anlangt, so wurde sie von Vp. Ke. immer als dumpf charakterisiert. Von allen Vpn. bis auf E. wurde sie in die Leitungsstange in der Mitte lokalisiert. Es findet also nicht nur eine gegenseitige quantitative Beeinflussung bei beidseitiger Erregung statt, sondern der Gesamteindruck ist auch seiner räumlichen Gegebenheitsweise nach anders strukturiert. Der Versuch, sie willkürlich nach rechts oder links zu verlagern, gelang auch bei Aufforderung dazu nicht. Nur bei Vp. E. lag abweichende Lokalisation vor. Um für beide Finger eine annähernd gleiche Schwellenlage herzustellen, mufste wegen der einseitigen Bevorzugung rechts eine Dämpfung benutzt werden. Da die Vibration links bei einer Fallhöhe von 6,0 cm, die Vibration rechts bei einer solchen von 8,0 cm unterschwellig wurde, war bei simultaner Darbietung bei 6,0 cm Fallhöhe nach Analogie des Verhaltens der übrigen Vpn. anzunehmen, dafs die Erregung in beiden Fingern aufträte und

[1] S. 389.

die Empfindung in die Stange hinein lokalisiert würde. Statt dessen nahm Vp. E. nur in einem Finger wahr und zwar merkwürdigerweise nicht im linken, der die niedere Fallhöhe hatte, sondern im rechten. 6 aufeinanderfolgende Versuche bestätigten das eigenartige Ergebnis. Kontrollversuche schliefsen Irrtümer aus. Diese Abweichung dürfte im Zusammenhang stehen mit der Tatsache, dafs die Vp. auf dem linken Ohr nahezu taub ist. Es handelt sich hier um eine der sehr merkwürdigen Beziehungen zwischen Akustischem und Vibratorischem. Akustische Bevorzugung einer Seite läfst diese Seite auch vibratorisch bevorzugt erscheinen. Ob das allgemein gilt, liefse sich nur durch Untersuchung einer grofsen Anzahl von einseitig Tauben feststellen. Trotz der Abweichung in lokalisatorischer Hinsicht bestätigen auch die Versuche mit Vp. E., dafs zwei unterschwellige Reize sich bei simultaner Darbietung zu einem überschwelligen summieren.

Dafs bei gleichzeitiger Einwirkung von zwei oder mehreren Druckreizen auf die Körperhaut auch die entstehenden Druckempfindungen sich gegenseitig verstärken können, hat M. v. Frey gezeigt.[1]

§ 3
Vibratorische Qualitäten
(Phänomenologisches)

Bisher hatte es sich nur um quantitative Unterschiede der Vibrationsempfindungen gehandelt. Wenn trotz einer dadurch bedingten gewissen Gleichförmigkeit der Vibrationen von einzelnen Vpn. spontane qualitative Urteile abgegeben wurden, wie „dumpf“ oder „es macht päng“, so enthielten diese und andere sich ihnen aufdrängende Charakterisierungen einen deutlichen Hinweis darauf, dafs Vibrationen bei geeigneter Variierung einer gewissen Differenzierung in qualitativem Sinne fähig sein müfsten. Eine Fähigkeit, deren man sich in der Praxis des täglichen Lebens immer bedient. „Vibrationen geben uns Kunde von dem schweren Wagen, der am Haus vorbeifährt, von dem Gang des Fahrzeuges, in dem wir

[1] M. v. Frey, Die Wirkung gleichzeitiger Druckempfindungen aufeinander. *Zschr. f. Biol.* **56**, S. 574—598, 1911.

sitzen, sie helfen dem Kapitän bei der Kontrolle des fahrenden Schiffes, dem Flugzeugführer bei der Kontrolle des Flugzeugs.“ Auch die Erkennung von Materialien kommt häufig erst unter Beteiligung von Vibrationsempfindungen zustande.[1]

Der Untersuchung qualitativ verschiedener vibratorischer Eindrücke, soweit sie kurzen Geräuschen — nicht länger dauernden Tönen — entsprechen, dienen die folgenden Experimente.

Die Versuche wurden an der auf S. 379 beschriebenen Leitungsstange gemacht. An dem der Vp. abgekehrten Ende wurde die Stange leise mit verschiedenen Gegenständen berührt. Die Vp. hatte die Zeigefinger auf der Querleiste und sollte bei geschlossenen Augen ihre Eindrücke beschreiben. Das Verfahren war unwissentlich, die Vpn. erfuhren nichts über die Art der Reizgebung. Es wurden Vexierversuche entsprechend den auf S. 381 beschriebenen eingeschaltet. Eine Beschränkung in der Reizgebung wurde uns auferlegt durch die Notwendigkeit, immer unterhalb der akustischen Reizschwelle zu bleiben. Die Berührung der Stange erfolgte: 1. mit der Klinge eines geöffneten Taschenmessers, 2. mit 2 stählernen Präpariernadeln, wie sie von Zoologen und Botanikern gebraucht werden, beide waren durch Dicke und Elastizität voneinander verschieden, 3. mit einem zu einer haarfeinen Spitze ausgezogenen Glasröhrchen von der Stärke eines dünnen Bleistiftes, 4. mit der Feder eines dünnen Federhalters, 5. einem kleinen Holzspan, 6. einem Pappwischer, wie er in der Pastellmalerei üblich ist, 7. einem Stückchen starken Filz, 8. einem Schwamm und 9. vier Fallkörpern aus Gummi von verschiedenem Gewicht, wie sie auf S. 379 beschrieben wurden ($2^1/_2$ g, 890, 720 und 200 mg). 1—6 wurden zwischen Daumen und Zeigefinger federnd gehalten, so dafs die Stange ganz leicht berührt werden konnte. Mit 7 und 8 wurde die Stange leicht betupft. Die 4 Fallkörper fielen aus geringer Höhe auf die Stange. Die Versuche wurden so ausgeführt, dafs kurz nacheinander 2 der unter 1—9 genannten Gegenstände an der Stange zur Wirkung kamen. Und zwar wurden zunächst Paare von Gegenständen

[1] Katz, S. 213 u. S. 224 ff.

zusammengestellt, deren Natur von vornherein deutliche Qualitätsunterschiede der Schläge erwarten liefsen, wie 1 und 5, 2 und 6, 3 und 7, 4 und 8. Von hier aus wurde fortgeschritten zu Paaren, die einander in qualitativer Beziehung näher standen, wie 2 und 3, 4 und 5, 6 und 7, 7 und 8, 9. Es wurden auch Reihen von 3 oder 4 Gegenständen zusammengestellt, wie 1, 3 und 6; 2, 4 und 8; 2, 3, 4 und 5 usw. Gelegentlich wurden Vexierversuche eingeschaltet, derart, dafs die Stange nicht mit verschiedenen Gegenständen berührt wurde, sondern dafs mit ein und demselben Gegenstand zweimal oder häufiger operiert wurde, auch unter Anwendung verschiedener Stärkegrade. Nach jeder Reihe hatte die Vp. anzugeben, ob es sich ihrer Meinung nach um denselben oder um verschiedene Gegenstände handelte. Zuweilen wurden die Reize auch einzeln dargeboten und die Vpn. aufgefordert, deren Qualität zu charakterisieren.

Ergebnisse: Vorweg mag gesagt werden, dafs die Leistungen, die sich sowohl beim Vergleichen als auch bei der absoluten Beurteilung ergaben, erstaunlich gut zu nennen sind. Alle Vpn. waren imstande, die vorgelegten Paare 1 und 5, 2 und 6, 3 und 7, 4 und 8 zu unterscheiden. Von gelegentlichen Unsicherheiten abgesehen, gelang es den meisten auch, die schwierigeren Paare auseinanderzuhalten; Unsicherheit ergab sich z. B. häufig, wenn die feinere der beiden Präpariernadeln (2) und die Glasspitze (3) zum Vergleich geboten wurden. Ebenso waren 7 und 8 nicht leicht auseinanderzuhalten. Sehr häufig begnügten sich die Vpn. nicht mit der blofsen Konstatierung eines Unterschiedes, sondern versuchten, ihn seiner Qualität nach zu kennzeichnen. Vp. Hi. bezeichnete 2, 3 und 4 als „höher“ gegenüber 6, 7 und 8, die als „tiefer“ beschrieben wurden. Ein andermal wurde von derselben Vp. 2 „heller“ genannt als 5. Vp. G. nennt 3 „feiner“ als 2. Bei Darbietung von 2 und 3 äufserte Vp. Hei.: „Beide sind hell und fein, aber das letzte ‚klang‘ noch heller als das erste.“ Um den zu den Versuchen herangezogenen Kindern die verhältnismäfsig langen Sitzungen etwas schmackhafter zu machen und ihr Interesse erneut anzuregen, erfuhren die Viererreihen eine kleine Variation. Aus jeder Reihe sollten die „ähnlichen“ Schläge zusammengestellt werden. Hierbei bezeichnete Vp. Hi. in der

Reihe 1, 6, 7 und 8 die letzten 3 als „sehr ähnlich“, bei den 4 Fallkörpern unter 9 „alle 4 ziemlich egal“. Vp. G. stellte aus der Reihe 2, 7, 3 und 8 den 1. und 3. und den 2. und 4. Eindruck als ähnlich zusammen. Ähnliche Urteile wurden von anderen Vpn. spontan geäufsert. So bezeichnete Vp. Fl. 1 und 2 als sehr nahe verwandt. Brauchbare Beschreibungen einzelner Vibrationen waren natürlich nur bei solchen ganz charakteristischer Natur zu erwarten. Bei 4 äufserte Vp. M.: „Es kommt mir wie ein Punkt vor, hüpfend, leicht.“ Dieselbe Vp. nannte 6 „dick, schwerfällig“. Vp. Fl. nannte 2 „spitzig“, 3 „hell und fein wie Glas“, 6 „dumpf, dick“. Hinweise auf das Material kamen am meisten bei 2 vor, z. B. „Stahlspitze“. Sie waren nicht sehr häufig und konnten es nicht sein, da ja die Vpn. keine Kenntnis davon hatten, wie die Vibrationsreize ausgelöst wurden.

Ich hatte zunächst Bedenken, Kinder zu diesen Versuchen heranzuziehen. Wenn es sich auch um geweckte Mädchen aus einer Förderklasse handelte, so waren doch die minutiöse Beobachtungsfähigkeit und die nötige Gewandtheit der Formulierung nicht ohne weiteres zu erwarten. Die Ergebnisse übertrafen die Erwartungen. Ein Raten kam bei der Häufigkeit der Darbietungen unter immer wechselnden Bedingungen nicht in Betracht. Sonstige Fehlerquellen sind durch die Art der Versuchsanordnung ausgeschlossen. Das „klang“ der Vp. Hei. mufste natürlich sofort an die alte Fehlerquelle des Akustischen erinnern. Ein blofses Verlegen der Finger der Vp. auf die „Vexierleiste“ schaltete sofort jeden Zweifel aus, als ob irgendwie Akustisches sich geltend gemacht hätte. Die Aussage aus unbefangenem Kindermund ist sogar doppelt interessant, weist sie doch auf die eigenartige, alsbald noch näher zu behandelnde Verwandtschaft zwischen Akustischem und Vibratorischem hin. Die Untersuchungen dieses Paragraphen ergeben die Tatsache, dafs die vibratorischen Qualitäten, die hier zur Verwendung gekommen sind, mit einer Sicherheit unterschieden und beurteilt werden können, die der Sicherheit in der Unterscheidung und Beurteilung der entsprechenden akustischen Qualitäten fast gleichkommt. Wenn die Vpn. häufig nicht in der Lage waren, die deutlich empfundenen Unterschiede in Worte zu fassen, so ist zu bedenken, dafs die

Sprache für diese Empfindungen nicht den Reichtum an Ausdrücken zur Verfügung stellt wie für das Optische oder Akustische. Und selbst da, wo Qualitätsbeschreibungen vorliegen, handelt es sich in der Regel um sprachliche Entlehnungen aus anderen Sinnesgebieten, zum Teil um solche aus zweiter Hand, aus dem Optischen über das Akustische ins Vibratorische, z. B. „heller" oder „dunkler". Die Beschreibungen enthielten zum Teil allgemeine Charakterisierungen, entsprachen also den „Modifikationen" der Oberflächentastungen[1], zum Teil wiesen sie auf ein bestimmtes Material und entsprachen damit den „Spezifikationen".

§ 4
Verwandtschaft der akustischen und der vibratorischen Empfindung

Auf eine phänomenologische Verwandtschaft der akustischen und der vibratorischen Empfindung wiesen schon gelegentliche Äufserungen der Vpn. über vibratorische Eindrücke wie „es macht päng", „ausgesprochen dumpf", „mit metallischem Klang", „mit klanglichem Charakter" usw. Geradezu irritierend wirkte diese Verwandtschaft bei den ersten Schwellenuntersuchungen, indem sie nach akustischen Fehlerquellen suchen liefs, die in Wirklichkeit nicht bestanden. Die zunächst nur beiläufig festgestellte phänomenologische Verwandtschaft zwischen akustischer und vibratorischer Empfindung wollten wir nun systematisch untersuchen.

Die streng unwissentlichen Versuche (ausgenommen Vp. Ke. und St.) wurden mit der in § 2 beschriebenen Versuchsanordnung durchgeführt. Sie begannen mit Feststellung der Hörschwelle. Dabei hatte die Vp. die Finger auf der Vexierleiste (c—d in Abb. 2). Diese Berührung war natürlich für die Feststellung der Hörschwelle belanglos. Sie erwies sich aber als methodisch brauchbar insofern, als durch den unauffälligen Übergang auf a—b im Verlauf der Versuche die Einstellung der Vpn. fast unverändert blieb. Ermittelt wurde hier zunächst die Fallhöhe, bei der in mindestens 10 auf-

[1] Katz, a. a. O. S. 32.

einanderfolgenden Versuchen nichts gehört wurde (I in Tabelle 5). Sobald die Vp. aber veranlafst wurde, die Finger auf die Querleiste a—b zu legen, äufserte sie fast immer: „Jetzt hör ichs wieder.“ Die Finger blieben jetzt, abgesehen von Vexierversuchen, auf a—b. Früher oder später kam bei weiterer Abschwächung der Reizintensität eine Bemerkung wie: „Ich merke auch was im Finger.“ Gewöhnlich äufserte die Vp.: „Gehört und gefühlt.“ Bei weiterer Abschwächung des Reizes wurde ein Punkt erreicht, an dem nur noch eine Vibrationsempfindung vorhanden war (II).[1] Zum Zwecke des Vergleichs wurde auch die Vibrationsschwelle festgestellt (III), wobei im Gegensatz zu I und II strenge antiphonische Mafsnahmen angewandt wurden.

Tabelle 5

n = 10

Vpn.	Gewicht	I	II	III
St.	2½ g	12,0	2,0	0,1
Fl.	2½ g	12,0	6,5	0,6
Hi.	2½ g	3,0	2,0	0,5
M.	890 mg	4,0	3,5	15,0
Ei.	890 mg	7,0	6,0	—
Ke.	890 mg	13,0	6,0	4,0
Str.	890 mg	14,0	10,0	10,0

Ein Vergleich der Zahlen unter I und II zeigt eine mehr oder weniger breite Zone, in der die Vp. zu hören vermeint, obwohl sie bestimmt unter der Hörschwelle ist. Bei Verlegen der Finger von der Hauptleiste auf die Vexierleiste zeigt sich, dafs es sich nicht um ein Hören in gewöhnlichem Sinne handelt, sondern dafs die nahe phänomenologische Verwandtschaft zwischen akustischen und vibratorischen Eindrücken das Erlebnis des Hörens suggeriert. Bei Kindern mit geringerer

[1] Also erst dann, wenn infolge der starken Schwächung des vibratorischen Reizes die Vp. gezwungen wird, ihre Aufmerksamkeit ganz auf das vibratorische Erlebnis im Finger zu richten, verschwindet der Eindruck, es gleichzeitig mit einem akustischen Erlebnis zu tun zu haben.

Kritikfähigkeit war anzunehmen, dafs diese Verwandtschaft sich erst recht in Verwechslungen manifestierte. Diese Vermutung bestätigte sich durch zwei Beobachtungen: 1. Bei Vp. Str. fallen II und III zusammen, also die „Hörvibrationsschwelle", oberhalb derer die Vibration die Täuschung hervorruft, als würde etwas gehört, mit der reinen Vibrationsschwelle. Das bedeutet also, dafs die geringsten Vibrationen, die überhaupt wahrgenommen werden konnten, imstande waren, die erwähnte Täuschung hervorzurufen. 2. Bei Hi. wurde der Lagewechsel der Finger schon oberhalb der Hörschwelle angewendet. Statt der zu erwartenden Unterscheidung zwischen „ich höre es" (bei Berührung der Vexierleiste) und „ich fühle etwas im Finger" (bei Berührung der Hauptleiste) wurde lediglich unterschieden zwischen „lauter" und „nicht so laut". Die merkwürdige Tatsache, dafs bei stark überschwelligen Vibrationen lediglich von Akustischem gesprochen wird, enthält einen weiteren Hinweis auf die nahe phänomenologische Verwandtschaft akustischer und vibratorischer Eindrücke.

Ein Vergleich von II und III zeigt, dafs es sich bei diesem „Hören auf vibratorischer Grundlage" meist um deutlich überschwellige Vibrationen handelt. Die Fälle M. und Ei. lassen erkennen, dafs auch stark unterschwellige Vibrationen dasselbe Ergebnis liefern können. Besonders merkwürdig lag der Fall bei Ei., wo es innerhalb der von uns verwendeten Gröfsenordnung der Reize überhaupt nicht zu einer bewufsten Vibrationsempfindung kam. (Der Übergang zu einem schwereren Gewicht verbot sich wegen der damit verbundenen Unmöglichkeit, unter der Hörschwelle zu bleiben.) Beide Fälle bilden eine interessante Variation der Ergebnisse in § 2. Dort wurden 2 an sich unterschwellige Vibrationen bei gleichzeitiger Darbietung überschwellig. Hier hebt eine stark unterschwellige Vibrationsempfindung eine eben unterschwellig gewordene akustische Empfindung wieder über die Schwelle des Bewufstseins. Es besteht also in beiden Fällen funktionale Wechselwirkung. Einmal scheint das Akustische das Zustandekommen einer Vibrationsempfindung zu hindern. Zum anderen ist die Vibrationsempfindung, selbst wenn sie unterschwellig ist, beteiligt am Zustandekommen einer akustischen Empfindung.

Die oben ausgesprochene Erfahrung, dafs die nahe phänomenologische Verwandtschaft zwischen akustischen und vibratorischen Eindrücken auf Kinder wegen ihrer geringeren analytischen Fähigkeiten geradezu verwirrend wirkt, bestätigte sich in Versuchen, die wir mit 9—10jährigen Mädchen an einem von Noldt konstruierten Vibrator machten.[1] Die meisten Mädchen behaupteten zunächst durchweg „es zu hören". Das äufserte sich auch in ihrer Ausdrucksweise, z. B. „Das hört sich an, als wenn" . . . Sie stutzten, wenn sie nichts mehr „hörten", sobald sie die Hand los liefsen. Einigen kamen jetzt schon Zweifel. So äufserte eins der Mädchen: „Das fühlt (merkt) man blofs, das kann man nicht hören". Da aber die meisten immer noch dabei blieben, es richtig zu hören, hielten wir ihnen den Vibrator dicht ans Ohr, um sie auf den Unterschied der Empfindung in Hand und Ohr zu lenken. Das brachte gelegentlich sogar die interessante Aussage: „Aber in der Hand hör' ich es auch". Und „In der Hand ist es ebenso, nur ist es im Ohr lauter". Ein anderes Kind kam schliefslich zu der Ansicht: „Wenn man das fühlt, denkt man auch, man hört es". Die Ausdrucksweise schwankte zwischen „Fühlen" und „Hören" lange hin und her.[2] Mit einer gewissen Aufregung liefsen sich einzelne Mädchen den Apparat immer wieder geben, um festzustellen, um was es sich eigentlich handele, ohne doch zu dem objektiv gegebenen Tatbestand vorzudringen. Diese Unsicherheit in der Beurteilung wäre nicht zu verstehen, wenn nicht die tiefe phänomenologische Verwandtschaft zwischen akustischen und vibratorischen Eindrücken vorläge.

Erreichen aber nicht vielleicht, so könnte man fragen, die Vibrationen, die den Finger treffen, auf der Leitung durch

[1] F. Noldt, Ein Vibrator zu psychologischen Zwecken. *Zschr. f. Psychol.* **100**.

[2] Anmerkung von Katz: Auf dem internationalen Psychologen-Kongrefs in Groningen demonstrierte ich auch einem auf dem Gebiet des Tastsinns überaus erfahrenen und hochverdienten Forscher mit Hilfe des Vibrators die Vibrationsempfindungen. Er erklärte zunächst, dafs er „höre", als er sich aber durch abwechselndes Anfassen und Loslassen des Vibrators davon überzeugt hatte, dafs von einem echten Hören nicht die Rede sein könne, meinte er: „Das ist ja eine verteufelte Geschichte."

den Körper direkt das innere Ohr? Die psychologische Akustik hat sich ja häufig mit Fragen der Knochenleitung beschäftigt.[1] Wenn ich auch auf Grund entsprechender Versuche eine gewisse Fähigkeit der menschlichen Knochen, Vibrationsimpulse weiterzuleiten, annehmen mufs, so darf es doch angesichts der Gröfsenordnung der uns in diesem Paragraphen beschäftigenden Reize als ausgeschlossen gelten, dafs diese Vibrationen durch Knochenleitung das innere Ohr erreichen.

§ 5
Reaktionszeit bei der Wahrnehmung von Stimmgabelvibrationen

Im § 41 seines Tastbuches hat Katz für die Selbständigkeit der Vibrationsempfindungen (ausgelöst durch schwingende Stimmgabeln) gegenüber den Druckempfindungen unter anderem geltend gemacht, dafs jene erfahrungsgemäfs in einem deutlich späteren Zeitpunkt einträten als diese. Unsere Aufgabe war, die von Katz mitgeteilte Erfahrung durch messende Versuche nachzuprüfen resp. zu ergänzen. Es waren also die Reaktionszeiten für vibratorische Spürung in Beziehung zu setzen zu denen für taktile Spürung. Es fanden verschiedene vibratorische Stärkegrade Verwendung. Vermittels zweier Stimmgabeln von verschiedener Schwingungszahl sowie unter Verwendung verschiedener Stromstärken wurden 4 deutlich voneinander verschiedene Reizstärken erzeugt (B sehr stark, C stark, D mittel, E schwach). Die Vibrationen wurden von der Vp. von einem kurzen mit den Stimmgabeln verbundenen Holzstab abgenommen. Die Messung der Reaktionszeiten erfolgte in üblicher Weise durch das Hippsche Chronoskop. Dieses begann zu laufen, sobald der mit einem Staniolstreifen versehene Finger den ein Kupferblech tragenden Holzstab berührte und so einen Strom schlofs. Die Öffnung des Stromes erfolgte durch Loslassen des Stabes im Moment der vibratorischen oder (zur Kontrolle) rein taktilen (A) Wahrnehmung. In allen Fällen wurde die Hand von oben her dem Holzstabe

[1] Vgl. K. L. Schäfer, Ein Versuch über die intrakranielle Leitung leisester Töne von Ohr zu Ohr. *Zschr. f. Psychol.* 2, S. 111.

genähert. Alle Versuche wurden mit geschlossenen Augen durchgeführt. Neben dem vibrierenden Holzstab waren noch 2 nicht vibrierende Vexierstäbe angebracht. Ihre Raumlage zum vibrierenden Stab konnte beliebig variiert werden. Die Vp. wufste, dafs Vexierversuche eingestreut wurden. Aufser den üblichen antiphonischen Mafsnahmen erwies es sich als notwendig, den Hipp ins Nebenzimmer zu stellen.

Tabelle 6

n = 20. Werte in σ.

Vpn.	A	B	C	D	E
P.	133	260	297	1035	2770
Ke.	223	245	347	561	760
K.	271	287	350	410	780
N.	135	168	205	260	307
Ni.	233	247	297	374	494
F.	151	276	284	377	539

Aus der Tabelle ergibt sich eindeutig, 1. dafs die vibratorische Empfindung, selbst gegenüber einem so starken Reiz wie B, stets merklich später auftritt als die Berührungsempfindung, und 2. dafs die Reaktionszeiten auf vibratorische Spürung zunehmen mit abnehmender Stärke der Vibrationen. Bei Vp. P. dauert es nahezu 3 Sek., bis die schwache Vibration zum Bewufstsein kommt. Zur Erklärung darf wohl angenommen werden, dafs es sich hier um zentrale Summationserscheinungen handelt, und dafs für das Zustandekommen einer Vibrationsempfindung um so mehr Schwingungen nötig sind, je schwächer sie sind.

§ 6
Reaktionszeiten für Vibrationsimpulse

Es wurde eine Versuchsanordnung aufgebaut, die der Feststellung der taktilen Reaktionszeiten auf kurze Berührung mit der Kräpelinschen Feder dienen sollte. Es fand Berührung der Endglieder der Finger statt. Das Verfahren ist

bekannt. Kräpelinsche Feder, Lippenschlüssel und Hippsches Chronoskop wurden in einem Stromkreis derart hintereinandergeschaltet, dafs durch Berühren mit der Feder Stromschliefsung, durch Reagieren der Vp. am Lippenschlüssel Stromöffnung erfolgte. Um eine Berührung zu erzielen, die ihrer Dauer und Stärke nach den zu vergleichenden Vibrationsimpulsen möglichst nahe stand, wurde mit der Feder kurz und leicht berührt. Um trotzdem den Uhrstrom bis zur Reaktion am Lippenschlüssel geschlossen zu halten, wurde ein Relais zwischengeschaltet. Der Kontakt in der Kräpelinschen Feder setzte also das Uhrwerk nicht unmittelbar in Bewegung, sondern vermittels des Relais. Die kurze Relaiszeit steckt also in der von uns angegebenen taktilen Reaktionszeit mit drin, sie ist aber ebenso enthalten in den von uns weiterhin ermittelten vibratorischen Reaktionszeiten.

Die Hand lag in bequemer Pronationsstellung derart auf einem Brettchen, dafs die Nagelglieder darüber hinwegragten. Der Unterarm war gestützt, die Hand völlig entspannt, die Finger waren leicht gespreizt. Die Berührung erfolgte von unten her, also an der Volarseite. Getroffen wurde die Mitte des Nagelgliedes, die auch für Darbietung der Vibrationsimpulse in Betracht kam. Die Berührung war kurz und ruckartig. Selbstverständlich wurde Sorgfalt darauf verwendet, die Bewegung gleichförmig zu gestalten. Ermittelt wurden 2 Arten von Reaktionszeiten (Spürungsreaktionen A, Erkennungsreaktionen B). Bei A sollte auf blofse Spürung mit „ja“ reagiert werden. Bei B war von der Vp. anzugeben, welcher Finger berührt worden war. Dementsprechend erfolgte das Loslassen des Lippenschlüssels durch Nennung eines der den Fingern zugeordneten Zahlwörter von 1—5. An jedem der 5 Versuchstage wurde jeder der 5 Finger in beiden Konstellationen zweimal berührt. $n = 50$. An jedem Versuchstage fanden Vorversuche statt. Für jede Reihe war die Reihenfolge der zu berührenden Finger im voraus durchs Los festgelegt.

Wir kommen zur Beschreibung der Anordnung, welche der Messung der Reaktionszeiten für Vibrationsimpulse dient. Es war die Aufgabe zu lösen, jedem Finger in beliebigem Wechsel denselben Vibrationsimpuls zuzuleiten. Zu diesem Zwecke wurden 5 gleiche, vierkantige Stäbe benützt von 50 cm

Länge und 1 qcm Querschnitt. Sie wurden mit einem seitlichen Abstand von 1 cm nebeneinander angeordnet. In jeden Stab wurde ein kleiner Nagel eingeschlagen, dessen Kopf so groſs war wie die Berührungsflächen der Kräpelinschen Feder. Auf diese Köpfe legten sich die Finger auf. Die Köpfe waren nicht in einer Geraden angeordnet, sondern in einem nach der Vp. zu konkaven Bogen, um die ungezwungene Haltung der Hand zu garantieren. Wir kommen zur Befestigung der Stäbe. Ein Annageln oder Festschrauben an der Unterlage kam nicht in Frage, weil dann mit einer seitlichen Übertragung der Vibrationen von einem Stab auf die benachbarten zu rechnen war. Als brauchbar bewährte sich folgendes Verfahren: Jeder Stab wurde auf 2 Flaschenkorke geklebt. Die Korke wurden ebenso auf 2 parallelen, rechtwinklig zu den Stäben liegenden etwa 1 cm dicken Filzstreifen befestigt, die der Dämpfung dienten. Diese Filzstreifen wurden auf den Tisch geklebt. Die ganze Klaviatur wurde auf einem besonderen Tische montiert, der nur noch auf der der Vp. zugekehrten Seite den Lippenschlüssel, auf der ihr abgekehrten einen Schirm trug, der der Vp. die Vorgänge an dem übrigen Teil der Versuchsanordnung entzog. Die Vibrationsimpulse wurden mit dem Schallhammer erzeugt, der für diesen Zweck besonders hergerichtet wurde: An seinem Stiel wurde ein kleines Holzhämmerchen starr derart befestigt, daſs es über den Hammer hinwegragte. Der Schallhammer stand auf einem zweiten Tisch so, daſs das Holzhämmerchen über die oben beschriebene Klaviatur reichte und im Niedergehen leise einen der Stäbe berühren konnte. Diese Berührung wurde vom Finger im Nagelkopf als Vibration empfunden. Zwei Leitschienen sorgten dafür, daſs der Schallhammer bequem hin- und hergeschoben werden konnte. Auf diese Weise konnte jeder Stab getroffen und damit jeder Finger beliebig gereizt werden. In Tätigkeit gesetzt wurde diese Schlagvorrichtung durch einen besonderen Stromkreis. Da die Zeit gemessen werden sollte, die zwischen der den Vibrationsimpuls auslösenden Berührung eines Stabes und der Reaktion am Lippenschlüssel lag, waren in der bekannten Weise Schallhammer, Lippenschlüssel und Hippsches Chronoskop hintereinander zuschalten. Während sonst die Stromschlieſsung im Schall-

hammer dadurch erfolgt, dafs der eiserne Hammer auf den darunterliegenden Ambos auftrifft, ersetzten wir, um den Schall zu beseitigen, den starren Kontakt durch einen lautlosen Quecksilberkontakt. Die Schliefsung des Uhrstromes erfolgte nicht unmittelbar durch den Schallhammer, sondern dieser schlofs den Relaisstrom, wodurch erst das Uhrwerk in Gang gebracht wurde. Auch bei den Vibrationsimpulsen wurden zwei Arten von Reaktionszeiten gemessen (Spürungsreaktionen C, Erkennungsreaktionen D). Bei C hatte die Vp. mit „ja" zu reagieren, sobald sie eine Vibrationsempfindung überhaupt hatte, bei D mit einer der Zahlen von 1—5, sobald sie glaubte festgestellt zu haben, welcher Finger gereizt worden war. In beiden Reihen lagen die Endglieder der Finger bequem auf den Nagelköpfen der Stäbe. Um sicher zu gehen, dafs nur auf vibratorische Impulse reagiert wurde, wurden zahlreiche Vexierversuche eingeschaltet, bei denen das Hämmerchen nicht auf einen Stab, sondern zwischen 2 Stäben ins Leere traf. Es scheint mir bedeutsam für die Zuverlässigkeit der Versuchsanordnung und der Vpn., dafs bei keinem der vielen Vexierversuche eine Irreführung der Vpn. gelang. Was die Zahl der Versuche an jedem Tag, die Reihenfolge der Finger und den Wechsel der Zeitlage angeht, so wurde hier alles so geregelt wie bei A und B.

Es würde zu weit führen, hier auf die Differenzen einzugehen, die sich bei den 4 Konstellationen in den Zeiten für die 5 einzelnen Finger ergeben haben. Es hat sich hierbei auch nichts wesentlich Neues gegenüber dem ergeben, was hier nach den früheren einschlägigen Versuchen zu erwarten war. Wir begnügen uns mit der Mitteilung der arithmetischen Mittel für alle 5 Finger jeder Vp.

Tabelle 7

n = 50

	Vp. Ke.	Vp. N.	Vp. A.	Vp. Le.	Vp. Fl.
A	148	134	231	108	198
B	172	281	405	145	209
C	168	127	333	165	266
D	236	316	412	193	317

Bilden wir für jede Vp. die Differenzen zwischen den Zeiten für A und C, B und D, so zeigt sich, dafs diese Differenzen in 9 von 10 Fällen in derselben Richtung liegen. Die Differenzen sind alle deutlich bis sehr deutlich. Nur einmal liegt die — dazu sehr kleine — Differenz in einer anderen Richtung, nämlich für A—C bei Vp. N. Der an und für sich kleine Unterschied hat zudem seinen Grund wahrscheinlich in der besonderen Einstellung der Vp., die durch „Einstellung auf Schreck" gegenüber der Berührung mit der Kräpelinschen Feder glaubte, kürzere Reaktionszeiten zu erzielen. Wir erhalten also das Resultat, dafs Vibrationsimpulse bei Reaktion auf Spürung sowohl als auch auf Erkennung ungünstiger gestellt sind als kurz dauernde Berührungsempfindungen.

Durch Unterschiede in den zentripetalen Leitungslängen können die verschiedenen Reaktionszeiten nicht bedingt sein, da es sich in allen Fällen um dieselben Körperstellen handelt. Wohl aber kann es berechtigt sein, zu fragen, ob die Abweichungen zentral bedingt sind oder durch Vorgänge in den peripheren Organen. Diese Frage ist auf Grund unserer Versuche allein nicht zu entscheiden.

Lokalisationsphänomene

§ 7
Versuche an Gehörlosen

Richtungslokalisation. In diesem Kapitel legten wir uns die Frage vor, ob den bekannten Tatsachen der akustischen Richtungslokalisation im Vibratorischen etwas entspräche. Eine Lokalisation auf vibratorischer Grundlage könnte praktisch bei Gehörlosen eine gewisse Rolle spielen. Gelegentliche Versuche, die mit Vp. Z. (gehörlos) in dieser Richtung gemacht waren, hatten erstaunlich gute Resultate ergeben. Jetzt wurden in der Israelitischen Taubstummenanstalt Berlin-Weifsensee mit drei etwa 14jährigen gehörlosen Knaben und darauf mit der Vp. Z. folgende Versuche durchgeführt.

Die Vp. stand vor der Mitte der Längsseite des langen Experimentiertisches des Physikzimmers und legte beide

Hände nebeneinander in bequemer Pronationsstellung vor sich auf die Tischplatte. Der Tisch war mit einer grofsen Anzahl von kleinen Papiermarken bedeckt, die in unregelmäfsiger Anordnung über das ganze Tischblatt verteilt waren. 5 davon waren für den Versuchsleiter kenntlich gemacht. Sie sind gelagert zu denken auf der Peripherie eines Halbkreises, dessen Radius etwa $^1/_2$ m betrug. Sie waren so auf den Halbkreis verteilt, dafs je eine links, rechts, vorn, halblinks und halbrechts von den Händen lag. Diese 5 Marken gestatteten also, ohne weitere Erklärungen 5 verschiedene Richtungen zu bezeichnen. Der Versuchsleiter schlug nun in beliebiger Reihenfolge mit einem Stabe von der Stärke eines Spazierstockes auf eine der 5 Papiermarken. Die Vp. bekam den Auftrag, die Augen zu schliefsen und — auf Grund des Vibrationseindruckes in den auf dem Tisch liegenden Händen — anzugeben, welche Papiermarke ihrer Meinung nach berührt worden war. Die ersten Versuche mit den 3 Knaben ergaben ein wirres Durcheinander von richtigen und falschen Antworten. Gelegentlich wurde sogar rechts und links verwechselt. Ganz anders fielen nun die Versuche mit Vp. Z. aus. Z. hielt die 5 vorgesehenen Richtungen mit Sicherheit auseinander. Unter 10 in beliebiger Reihenfolge aufeinanderfolgenden Versuchen, bei denen jeder Punkt also zweimal herankam, war kein einziges Fehlurteil. Dabei bediente sich die Vp. Z. der beiden Zeigefinger. Wenn diese Leistung der Vp. Z. auch als exzeptionell bezeichnet werden mufs, so war prinzipiell doch dargetan, dafs der Vibrationssinn nicht nur imstande war, in grober Weise rechts oder links gelegene Reize richtig zu lokalisieren, sondern in besonderen Fällen feinere Richtungsbestimmungen, im vorliegenden Fall noch bei Richtungsdifferenzen von 45°, vorzunehmen.

Entfernungslokalisation. Die Vp. stand vor der Schmalseite des Experimentiertisches und legte eine Hand vor sich auf die Tischplatte. Auf dem Tische, in der Medianebene der Vp., waren 5 Punkte kenntlich gemacht, die je $^1/_2$ m voneinander entfernt waren, so dafs die geringste Entfernung von der Vp. $^1/_2$ m, die gröfste $2^1/_2$ m betrug. Der Versuchsleiter schlug nun mit einem Stabe in unregelmäfsiger Reihenfolge

auf eine der bezeichneten 5 Stellen. Die Vp. sollte bei geschlossenen Augen angeben, welche Stelle getroffen war. Als Vpn. fungierten wieder die 3 Knaben und Vp. Z. Die relativ geringe Zahl der Treffer entsprach nicht den gehegten Erwartungen. Die Vpn. hatten sich meistens um $^1/_2$ m verschätzt. Bei weiteren Versuchen beschränkte ich mich auf 3 Punkte, die je 1 m voneinander entfernt lagen. Benutzt wurden jetzt nur die Entfernungen $^1/_2$ m, $1^1/_2$ m und $2^1/_2$ m. Jeder Punkt wurde dreimal mit gleicher Stärke getroffen. Unter den 9 Versuchen mit Z. waren 8 Treffer, mit einer Urteilsenthaltung bei dem mittleren Punkt. Irrtümer blieben also ganz aus. Nach diesem Ergebnis mufs also die Möglichkeit der Entfernungslokalisation von Vibrationseindrücken prinzipiell bejaht werden.

Ich ging nun zu Versuchen über, bei denen jedesmal 2 Schläge mit kleinem Intervall an zwei verschiedenen 1 m auseinanderliegenden Stellen ausgeführt wurden. Die Vp. hatte in jedem Fall anzugeben, welcher Schlag ihr als der nähere erschien. Während Vp. Ar. bei 10 Versuchen 8 richtige Urteile abgab, waren bei Sk. und Z. alle Urteile ausnahmslos richtig. Bei Sk. waren es weit über 20.

Auffällig war das Verhalten von Vp. Sk. und Z. bei Vexierversuchen. Diese wurden in der Weise gemacht, dafs zweimal auf dieselbe Stelle geklopft wurde. Der Knabe Sk. gab auch in diesen Fällen jedes Mal einen Entfernungsunterschied an. Das mufste auffallen gegenüber der Fehlerlosigkeit, mit der er seine vorigen Angaben gemacht hatte. Als der anwesende Anstaltsdirektor ihn eindringlich auf die Wichtigkeit wahrheitsgetreuer Angaben hinwies, verwahrte er sich empört gegen den Vorwurf wissentlich falscher Angaben, sowie gegen die Möglichkeit des Irrtums. Immer wieder wiederholte regelrechte Versuche bewiesen, dafs er Entfernungen richtig unterschied. Bei erneuten Vexierversuchen gab er wieder Entfernungsunterschiede an. Offenbar erwartete die Vp., dafs immer zwei verschiedene Punkte nacheinander getroffen würden. Da es mir nun nicht gelang, je zwei aufeinanderfolgende Schläge ganz gleich stark zu machen, so bezog die Vp. die subjektiv erlebte Differenz auf Erregung verschiedener Punkte.

Ganz anders war das Verhalten der Vp. Z. gegenüber den Vexierversuchen. Hier lag offenbar eine viel feinere vibratorische Disposition vor. Dazu kam eine stark kritische Veranlagung und eine durch viele Versuche geschulte Beobachtungsfähigkeit. Bei allen Vexierversuchen äufserte die Vp.: „Ich habe nicht verstanden“ (d. h. ich kann keine Entscheidung treffen). In keinem dieser Fälle wurde von der Vp. der Versuch gemacht, eine Lokalisation vorzunehmen. Für sie mufs also der Eindruck bei den Vexierversuchen wesentlich anders gewesen sein als bei den echten. Aber das Erlebnis war nicht von der Art, dafs es zu einem richtigen lokalisatorischen Effekt führte. Um festzustellen, ob neben Intensitätsverhältnissen noch andere Faktoren die vibratorische Lokalisation beeinflufsten, ging ich dazu über, die beiden Schläge verschieden stark auszuführen. Eine Verstärkung des näher gelegenen Schlages bewirkte, dafs das Urteil sicherer wurde. Bei der Umkehrung, wenn also der nähere Schlag schwächer, der entferntere stärker gegeben wurde, zeigte die Vp. dasselbe Verhalten wie bei den ersten Vexierversuchen. Zuerst kam die in solchen Fällen für die Vp. charakteristische Angabe: „Ich habe nicht verstanden“. Darauf die erstaunte Bemerkung, dafs es sich jetzt um einen ganz anders gearteten Unterschied als bisher handele. Diese Feststellung wurde in den darauffolgenden wissentlichen Beobachtungen bestätigt. Damit scheint mir festzustehen, dafs die Entfernungslokalisation nicht lediglich von den vibratorischen Intensitäten abhängt. In keinem Falle gelang es, durch grofse Intensität des fernen und geringe des nahen Reizes das Urteil irrezuführen. Wenn es hierbei auch nur zu Urteilsenthaltung kam, ist doch der Schlufs nicht von der Hand zu weisen, dafs Vp. Z. bei geeigneter Übung auch hier zu positiven Angaben gelangen könnte.

§ 8

Versuche am Stangendreieck

In etwas modifizierter Form wiederholten wir die Versuche des vorigen Paragraphen mit Hörenden. Die hier zur Anwendung gekommene Versuchsanordnung war denkbar einfach. Die Vp.

saſs vor der Mitte der Leitungsstange aus der ersten Versuchsanordnung, die für diese Versuche an beiden Enden starr befestigt war. An jedem Ende der Leitungsstange war ein 1-zentimeterstarker Stab von etwa 2 m Länge durch Schraubzwingen befestigt. Die beiden Stäbe waren so gerichtet, daſs sie zusammen mit der Leitungsstange ein gleichschenkliges Dreieck bildeten. Bei den Versuchen, deren Ergebnisse Tabelle 8 enthält, saſs die Vp. innerhalb des Stangendreiecks und hatte das Gesicht der Leitungsstange, den Rücken der Dreiecksspitze zugewandt. Ihre Hände lagen auf der Leitungsstange. Wurde nun mit einem Stäbchen auf das Ende des einen oder des anderen Zuleitungsstabes im Rücken der Vp. geklopft, so war es möglich, den Händen Vibrationsimpulse zuzuleiten, die entweder von rechts oder von links kamen. Die Vp. hatte den Auftrag, in jedem Fall anzugeben, aus welcher Richtung ihrer Meinung nach der Reiz kam. Ganz besondere Vorsichtsmaſsnahmen waren natürlich wieder nötig, um das Akustische auszuschlieſsen. Schon die ersten Vorversuche hatten gezeigt, daſs eine Lokalisation auf rein akustischer Grundlage möglich war. Und zwar kam hierfür nicht das hinter der Vp. erzeugte Geräusch selbst in Betracht; denn die Enden der beiden Zuleitungsstäbe lagen ja für die Vp. an derselben Stelle[1] und zwar an der für die akustische „Rechts-Links-Lokalisation“ ungünstigsten Stelle, nämlich in der Medianebene hinten. Die akustische Lokalisation beruhte wahrscheinlich auf Schwingungen der Zuleitungsstäbe. Um das Akustische als Fehlerquelle auszuschalten, wurde zunächst das Geräusch des Klopfens gedämpft. Die Enden der Zuleitungsstäbe wurden auf eine Filzdecke gelagert. Geklopft wurde nicht direkt auf die hölzernen Stäbe, sondern durch eine kleine Filzauflage hindurch. Aufserdem war der Klopfer mit Filz beschlagen. Die Zuleitungsstäbe wurden in der Mitte unterstützt, um ihre Schwingungen zu mindern. Es gelang so, die Geräusche tatsächlich sehr schwach zu machen. Die Ohren der Vpn. wurden durch Antiphone verschlossen. Einer Vp., bei der es auch unter Anwendung dieser Maſsnahmen

[1] Es bestand zwischen den Enden der Stäbe ein Zwischenraum von einigen Millimetern.

nicht gelingen wollte, unter die Hörschwelle zu kommen, wurden von einem Gehilfen die Ohren fest an den Kopf gepreſst, wodurch erfahrungsgemäſs Geräusche der vorliegenden Art ausgeschlossen werden. Vor jeder Versuchsreihe, gelegentlich auch innerhalb einer solchen, wurde durch Versuche ohne Berührung der Leitungsstange festgestellt, daſs man sich tatsächlich unterhalb der Hörschwelle befand. Zur Durchführung gelangten 3 Versuchsreihen, die sich durch die Handhaltungen voneinander unterschieden. Bei der ersten war zwischen beiden Händen ein Abstand von 1 m (I), bei der zweiten lagen beide Hände dicht nebeneinander (II), bei der dritten wurde nur eine Hand verwendet, die in der Mitte der Stange lag (III). Als Vpn. wirkten mit Ke., L., Fl., N. und Ka. Aufserdem habe ich die Versuche an mir selbst vornehmen lassen. Die Ergebnisse waren folgende:

Tabelle 8

Angegeben wird jedesmal die Anzahl der richtigen Urteile.

Vpn.	I n = 10	II n = 10	III n = 20
Ke.	10	10	19
N.	10	10	17
K.	10	10	16
Ka.	10	10	18
L.	10	10	20
Fl.	10	10	20

Wechsel der Raumlage bei Vp. Ke. und mir lieferte dasselbe Ergebnis. Er wurde dadurch herbeigeführt, daſs die Vp. sich so stellte, daſs sie die Leitungsstange im Rücken hatte und mit den Händen nach hinten griff.

Auf welche Weise kann bei den vorstehend beschriebenen Versuchen die Lokalisation zustandegekommen sein? Es kann entweder die Zeitdifferenz oder die Intensitätsdifferenz resp. es können diese beiden Differenzen gleichzeitig wirksam geworden sein, mit denen bei den Versuchen I und II die beiden Hände und mit denen bei den Versuchen III die verschiedenen Teile derselben Hand erregt worden sind. Gehen wir zunächst der Frage der Wirksamkeit der Zeitdifferenz nach. Die Schall-

geschwindigkeit in Kiefernholz, woraus die Leitungsstange besteht, beträgt nach Stefan 5256 m, nach Melde 4179 m in der Sekunde. (Aus den Landolt-Börnsteinschen Tabellen, 3. Aufl. 1905, S. 797.) Legen wir einmal für eine abrundende Berechnung einen Durchschnittswert von 5000 m für die Schallgeschwindigkeit zugrunde, so käme als Zeitdifferenz für die Erregung der beiden Hände in Fall I eine solche von rund 0,2 σ in Frage, für die Erregung der beiden Hände in Fall II — äufsersten Falles darf hier der Abstand des äufsersten Punktes der einen Hand vom äufsersten Punkt der anderen Hand mit 20 cm in Ansatz gebracht werden — eine Zeitdifferenz von etwa 0,04 σ, für die Erregung der einen Hand in Fall III unter Berücksichtigung einer Handbreite von etwa 10 cm schliefslich eine Zeitdifferenz von 0,02 σ. Man schrickt davor zurück, Zeitdifferenzen von solchen Dimensionen, die z. T. noch weit unterhalb derjenigen liegen, welche die Forschung der letzten Jahre als wirksam bei der akustischen Lokalisation nachgewiesen hat, tatsächlich bei unseren Versuchen für die vibratorische Lokalisation verantwortlich zu machen. Ist es aber nicht die Zeitdifferenz, so kann es wohl nur die Intensitätsdifferenz sein, die für die vibratorische Lokalisation mafsgebend wird.[1] Da ist nun zu bedenken, dafs wenigstens in Fall III, wo durch die eine zufassende Hand eine ziemlich einheitliche Dämpfung der Schwingung erfolgt, eine Intensitätsdifferenz der Erregung für die differenten Teile der Hand in Ansatz zu bringen wäre, die ihrer Gröfsenordnung nach kaum weniger winzig wäre als die entsprechende Zeitdifferenz. Spätere Versuche werden zeigen, dafs Zeitdifferenz und Intensitätsdifferenz in der Regel beim vibratorischen Lokalisationseffekt zusammen wirken, aber auch dann noch bleiben die Resultate dieses Paragraphen rücksichtlich der Gröfsenordnungen der Reizdifferenzen, die sich als wirksam herausgestellt haben, überaus merkwürdig.

[1] Anmerkung von Katz: Der Frage nach der Wirksamkeit noch anderer Faktoren wird in weiteren Versuchen des Roztocker Instituts nachgegangen.

§ 9
Lokalisation von Fufsbodenerschütterungen durch Gehörlose

Es wurden weiter Versuche darüber angestellt, wie weit eine Lokalisation von vibratorischen Eindrücken durch die Füfse bei Tauben möglich ist.[1] Die Vp. stand inmitten eines grofsen Zimmers, das vollständig mit Linoleum ausgelegt war. Die Unterlage war Holz. Die Vp. stand in Seitgrätschstellung (breitbeinig). Die Augen waren ihr mit einem dicken Handtuch fest verbunden. Rechts und links von der Vp. in 4 m Entfernung stand je ein Helfer, der auf einen Wink des Versuchsleiters fest mit dem Fufs auftrat. Die Reihenfolge der Reize von rechts und links war undurchsichtig für die Vp. Von 10 aufeinanderfolgenden Versuchen (5 links und 5 rechts in undurchsichtigem Wechsel) wurde die Anzahl der richtigen Urteile notiert, ohne dafs der Vp. während der Versuche etwas über ihre Leistungen mitgeteilt wurde. Mit jeder der 5 Vpn. wurden an 3 verschiedenen Tagen je 10 Versuche gemacht. Vpn. waren: Vp. Z. und 4 Jungen der Anstalt Weifsensee. Die Anzahl der richtigen Urteile findet sich in der Tabelle.

Tabelle 9A

n = 10

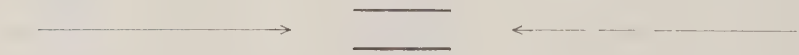
Vpn.	1. Tag	2. Tag	3. Tag
Stei.	0	7	10
Ar.	7	8	10
Ro.	3	6	10
Mr.	6	5	4
Z.	4	8	10
Summe	20	34	44

[1] Die Versuche wurden von Herrn stud. ing. Zeitlin Berlin-Weifsensee angestellt. Für ihre exakte Durchführung möchte ich ihm auch an dieser Stelle meinen Dank und meine Anerkennung aussprechen.

Der Tabelle ist kaum etwas hinzuzufügen. Die Ergebnisse des 3. Tages sprechen deutlich für eine erstaunlich gute Lokalisationsfähigkeit auf Grund vibratorischer Eindrücke in den Füßen. Den Versuchen des 1. Tages gingen keinerlei Vorversuche voran. Die beträchtliche Leistungssteigerung innerhalb von 3 Versuchstagen läßt aber jedenfalls ahnen, welche Sicherheit der Lokalisation vibratorischer Eindrücke eignen mag bei Individuen, die darauf angewiesen sind, sich ihrer im täglichen Leben zu bedienen, wie etwa bei Taubstummblinden.

Wir untersuchten dann die „Vorn-hinten-Lokalisation". Es änderte sich lediglich die Beinstellung der Vp. Zur Durchführung gelangten hier 2 Reihen. Die Vp. hatte den einen Helfer vor sich, den anderen im Rücken. In der einen Reihe stand die Vp. in Seitgrätschstellung (breitbeinig), in der anderen in Quergrätschstellung (ein Fuß vor-, der andere zurückgestellt, wie beim Gehen auf einem Strich).

Tabelle 9B



n = 10

Vpn.	1. Tag	2. Tag	3. Tag
Stei.	5	7	3
Ar.	8	8	6
Ro.	3	5	6
Mr.	3	4	8
Z.	2	5	2
Summe	21	29	25

Tabelle 9C

l. Fufs ——→ ←—— r. Fufs

n = 10

Vpn.	1. Tag	2. Tag	3. Tag
Stei.	6	7	10
Ar.	5	7	9
Ro.	3	10	9
Mr.	6	9	9
Z.	8	5	10
Summe	28	38	47

Während es in Gruppe C am 3. Tage den Vpn. gelang, nahezu in allen Fällen richtig zu lokalisieren, blieb die Unterscheidung bei Gruppe B bis zuletzt unsicher.

Die mit Hörenden und Tauben angestellten Versuche lassen keinen Zweifel darüber, dafs eine Lokalisation vibratorischer Reize unter bestimmten Umständen innerhalb gewisser Grenzen möglich ist. Wie kommt sie zustande? Je weiter die beiden Hände am Stangendreieck voneinander entfernt lagen, um so sicherer vollzog sich die Lokalisation. Bei Benutzung einer Hand wurde sie unsicherer. Fufsbodenerschütterungen wurden in ihrer Richtung um so leichter erkannt, je gröfser der Abstand der beiden Füfse voneinander war. Mit Verringerung dieses Abstandes nahm die Sicherheit des Urteils ab. Die Sicherheit des Lokalisationsurteiles war also abhängig von dem Abstand der gereizten Körperstellen, mit anderen Worten, von der Wegdifferenz vom Erschütterungszentrum bis zu den gereizten Körperstellen (Füfse, Hände, Teile einer Hand). Die Wegdifferenz wirkt sich gleichzeitig in einer zeitlichen wie intensiven Differenz der Erregungen an den differenten Reizstellen des Leibes aus. Die beiden Faktoren, Zeit und Intensität, unabhängig voneinander zu variieren, gestattete unsere Versuchsanordnung nicht. Dafs Intensitätsunterschiede eine wesentliche Rolle spielen, lag nahe anzunehmen. Schon die aus § 2 uns bekannte Erscheinung der Unterdrückung eines schwachen Reizes durch einen stärkeren kann eine richtige Beurteilung

der Richtung zur Folge haben. Wenn bei Intensitätsgleichheit oder gar bei Umkehrung des Intensitätsunterschiedes noch richtige Lokalisationen erfolgen, dann müfste der Zeitfaktor ausschlaggebend sein. Um hier eine Entscheidung zu treffen, stellten wir folgende Versuche am Stangendreieck an.

Die Vp. legte die beiden Zeigefinger mit 1 m Abstand voneinander auf die Leitungsstange. Unter dem linken Finger der Vp. war die Stange auf ein Stativ gestützt, welches die Schwingungen dämpfen sollte, so dafs die Vibrationen hier beträchtlich schwächer waren als im anderen Finger. Unter dem Teil der Stange, wo der rechte Finger lag, befand sich ein ähnliches Stativ, das aber, ohne direkte Berührung mit der Stange zu haben, lediglich dem Zweck der Verschleierung diente. Geklopft wurde wieder wie früher in unregelmäfsigem Wechsel auf die Zuleitungsstäbe. Dafs die von rechts kommenden Vibrationen richtig lokalisiert wurden, war nach dem früheren selbstverständlich. Hier wirkte ja neben dem durch die verschiedene Weglänge bedingten Zeitunterschied noch die durch Dämpfung künstlich geschaffene Intensitätsdifferenz. Wie stand es aber mit der Beurteilung der von links kommenden Reize? Auch sie wurden trotz der Intensitätsdifferenz zugunsten der linken Seite richtig lokalisiert. Man kann das nur erklären durch Annahme der Wirksamkeit der Zeitdifferenz. Der Zeitfaktor vermag also selbst gegenüber einem in umgekehrter Richtung liegenden Intensitätsfaktor die Oberhand zu gewinnen. Wechsel der Raumlage ergab dasselbe Resultat. Das war das Ergebnis der Versuche mit den Vpn. Ke., N. und K. Sie waren wissentlich nur bezüglich der eingeführten Dämpfung, nicht bezüglich der Reizgebung.

Nicht so eindeutig waren völlig unwissentliche Versuche mit den Vpn. L., Pf., T. und Za. Die Vp. blieb hier ganz in Unkenntnis von den Intensitätsdifferenzen. Erst nach Abschlufs der Versuche wurden ihr Reize für die linke und rechte Hand einzeln vorgeführt, und die Vp. konstatierte dann die vorhandene Intensitätsdifferenz. Vp. L. lokalisierte die von links kommenden Reize richtig nach links. Hier war also offenbar wieder das zeitliche Moment ausschlaggebend. Die anderen 3 Vpn. aber lokalisierten die von links kommenden Reize nach rechts, wobei sie sich offenbar von der stärkeren Intensität

rechts bestimmen liefsen. Offenbar konnte der beträchtliche Intensitätsunterschied von der Zeitdifferenz nicht mehr ausgeglichen werden. Wir liefsen diese Vpn. den linken Finger auf der Stange nach der Mitte hin vorrücken, um durch Entfernung vom Schwingungsknoten die Intensität links zu verstärken und damit den Intensitätsunterschied zu verkleinern. Wie zu erwarten war, stellte sich bei einer bestimmten Entfernung vom Schwingungsknoten die richtige Lokalisation ein. Nachfolgende Versuche, bei denen die Reize für die linke und rechte Hand einzeln dargeboten wurden, ergaben für diese beiden Stellen der Stange subjektive Gleichheit oder einen minimalen Intensitätsunterschied zugunsten von links. Während also bei den Vpn. Ke., N., L. und K. der Zeitfaktor beträchtlichen Intensitätsunterschieden zum Trotz die Lokalisation bestimmte, setzte sich hier der geringste Intensitätsunterschied gegen den Zeitfaktor bei der Lokalisation durch. Auf Grund dieser Versuche darf angenommen werden, dafs die Bedingtheit der Lokalisation durch den Zeitfaktor und den Intensitätsfaktor individuell verschieden ist. Nicht bei allen Vpn. scheint eine richtige Lokalisation an der Stange auf Grund kleinster Zeitdifferenzen möglich zu sein. Das galt z. B. für Vp. Za.

Abgesehen vom Zeit- und Intensitätsfaktor scheint die vibratorische Lokalisation auch noch von anderen zentralen (psychologischen) Faktoren abhängig zu sein. Vp. Ka. lokalisierte bei alleiniger Benutzung der rechten Hand, die $^1/_2$ m rechts von der Stangenmitte lag, während das Gesicht wie früher der Mitte der Stange zugekehrt war, alle Vibrationen, auch die von links kommenden, nach rechts. Bei Benutzung der linken Hand ($^1/_2$ m links von der Stangenmitte) trat die entsprechende Täuschung ein. Der Richtungstäuschung lag offenbar die suggestive Kraft des ausgestreckten Armes zugrunde. Diese Erscheinung bestätigte sich bei den Vp. Fl., L. und F. nicht. Völlig versagt die Lokalisation mit einer Hand bei Drehung des Körpers um 90°, so dafs der Blick in die Richtung der Stange fällt. Der Grund für dies Versagen liegt wohl in der veränderten Stellung des Bezugsystems.

§ 10
Untersuchung des Zeitfaktors mit Vibratoren

Eine Trennung des Zeitfaktors vom Intensitätsfaktor liefs sich nur mit einer Versuchsanordnung ermöglichen, die gestattete, beide Faktoren unabhängig voneinander exakt zu variieren. Die Vibrationen erzeugten wir mit 2 Vibratoren, die von Herrn Dr. Noldt auf Anregung von Herrn Prof. Katz konstruiert wurden.[1] Jeder Vibrator wurde in einen gesonderten Stromkreis eingeschaltet und mit 8 Volt Akkumulatorenstrom betrieben. In den Vibratoren besafsen wir nun ein Mittel, jeder Hand gesondert nach Zeit und Intensität beliebig abgestufte Vibrationen zuzuleiten. Die Intensitäten stuften wir ab durch Einschaltung eines Universalwiderstandes. Die Vibratoren arbeiten, wie schon Noldt betont hat, völlig geräuschlos, wenn sie in der Hand gehalten werden. Die beiden Stromkreise mufsten sich mit beliebig veränderlichem und genau mefsbarem Zeitunterschied öffnen lassen. Zur Herstellung der von uns gebrauchten kleinsten Intervalle improvisierten wir folgende Anordnung: In jeden Stromkreis war ein 20 cm langes Stück Kupferdraht von 0,3 mm Stärke so eingeschaltet, dafs es leicht aus seiner Befestigung mit Klemmen herausgerissen werden konnte. Diese beiden Kupferdrähte waren parallel zueinander gerichtet, ihr gegenseitiger Abstand konnte verändert und an einer Skala (Zeitskala) abgelesen werden. Die Öffnung beider Stromkreise erfolgte durch einen über beide Drähte hinweggespannten kräftigen Gummischlauch. Lassen wir den zunächst von einem Halt gespannten Gummi los, so schnellt er nach unten, wobei er beide Drähte unter den Klemmen herauszieht, beide Stromkreise öffnet und in den Vibratoren mit einem gewissen Zeitintervall die Vibrationsimpulse auslöst. Durch Veränderung des Abstandes zwischen beiden Drähten hatten wir es in der Hand, das Zeitintervall zu verändern. Die Eichung der Zeitskala erfolgte mit Hilfe des Hippschen Chronoskops im Bereich von 20 bis 10 σ. Für diese Zeiten arbeitete der Gummischlauch, wie immer wiederholte Kontrolle ergab, erstaunlich

[1] Beschreibung in *Zschr. f. Psychol.* **100**.

regelmäfsig. Unter 10 σ sprach der Hipp nicht mehr sicher an. Die kleineren Werte, mit denen gearbeitet wurde, haben wir auf Grund von Extrapolation eingestellt. Die Vp. safs in einem nicht unmittelbar benachbarten Zimmer, so dafs sie akustisch völlig isoliert war. In undurchsichtigem Wechsel kam einmal die Erregung des einen, ein anderes Mal die Erregung des anderen Vibrators an erster Stelle. Auch wurde die Stellung der Vibratoren gewechselt. In keinem Falle wufste die Vp. etwas über die Gröfse des Zeitintervalls und die Zeitfolge der Erregungen in den beiden Vibratoren. Da wir die Wirksamkeit von Zeitunterschieden beobachten wollten, war die Intensität der beiden Vibrationsimpulse gleichzumachen. Die Gleichheit wurde auf subjektivem Wege unter Variation der Stromstärken eingestellt, wobei beide Impulse entweder sukzessiv oder simultan dargeboten wurden. Die in den Sukzessivversuchen etwa unbemerkt gebliebenen Intensitätsunterschiede hätten sich bei Gleichzeitigkeit in Betonung des einen Eindrucks oder Verlagerung des Gesamteindrucks äufsern müssen, was in keinem Falle geschah. Ein Gehilfe besorgte die Protokollführung. Die Urteile drückten reine Intensitätsunterschiede oder blofse Zeitunterschiede aus, oder enthielten Angaben über beides. Gelegentlich fehlte jede Angabe über Unterschiede in diesen beiden Beziehungen. Für unsere Tabelle haben wir alle Aussagen in 3 Gruppen geteilt. Als richtige Urteile (r) bezeichnen wir alle die, in denen sich irgendeine Bevorzugung des objektiv früheren Reizes kundgab, sei es als (links oder rechts) „stärker", „betont (gerichtet)", „auffälliger" oder „allein". Als unentschieden (u) bezeichnen wir die Fälle, wo unbetonte Gleichzeitigkeit vorlag. Falsch (f) sind für uns Aussagen, wenn die Bevorzugung des einen Eindrucks im Widerspruch steht zu der objektiv gegebenen Zeitfolge. (Siehe Tab. 10.)

Von individuellen Unterschieden sehen wir ab. Aus Tabelle 10 ergibt sich, dafs selbst bei einem Zeitintervall von etwa 2 σ zwischen den beiden Vibrationsimpulsen in der weitaus gröfseren Zahl der Fälle, nämlich 38 mal, richtige Urteile in unserem Sinne abgegeben werden, denen nur 10 Fälle u und 2 falsche gegenüberstehen. Bei einem Zeitintervall von 20 σ wurde noch das isolierte „früher" des einen, resp.

„später“ des anderen Vibrationsimpulses erkannt. Bei 10 σ handelte es sich nicht mehr ausgesprochen um ein Zeiterlebnis, sondern um einen qualitativen Eindruck, den sich die Vpn. bemühen, irgendwie zu charakterisieren. Am häufigsten wird angegeben (rechts oder links) „stärker“. Es ist wie eine Verschiebung des Schwerpunktes. Vp. Rs.s Angabe, „Der Stofs geht von links nach rechts hinüber“ pafst merkwürdig gut zu den Angaben, die wir bei Versuchen mit verschiedenen Intensitäten bekommen hatten (§ 2), womit ein Bewegungs-, besser ein Richtungserlebnis bezeichnet werden sollte, nicht aber ein zeitliches Nacheinander. Bei 2 σ wurde in keinem Falle ein Zeitunterschied erkannt, meist auch nicht der Eindruck der

Tabelle 10

n = 10. Zeitintervall etwa 2 σ.

	Vp. Ke.	Vp. Rs.	Vp. Er.	Vp U.	Vp. Kr.
r	8	9	9	5	7
u	2	1	1	5	1
f	—	—	—	—	2

r = 38, u = 10, f = 2.

Zweiheit. Das Früherkommen des einen Stofses wirkte sich in einer Art Richtungserlebnis aus, das von ihm ausging, mit Unterdrückung des zu zweit gegebenen. Es wäre wünschenswert gewesen, unsere Versuche mit noch kleineren Zeitunterschieden fortzusetzen. Das konnte unsere improvisierte Kontaktvorrichtung nicht leisten. Immerhin führten gelegentliche Versuche mit schätzungsweise $1—{}^1/_2\ \sigma$ (geringerer Abstand der Drähte) zu denselben Ergebnissen. Als Ergebnis dieser Versuche darf gelten, dafs unterhalb der vibratorischen Zeitschwelle gelegene Zeitunterschiede in der Regel ausgedeutet werden im Sinne eines Richtungserlebnisses unter Betonung des ersten Eindrucks. Zeitintervalle werden dann nicht als solche empfunden, sondern wirken sich als Betonungsdifferenzen aus. Nach dem Ausfall dieser Versuche erscheint es uns nicht mehr völlig undenkbar, dafs die in § 8 berechneten Zeitdifferenzen tatsächlich bei der vibratorischen Lokalisation mitgewirkt haben.

Die Verhältnisse an der einen Leitungsstange liegen natürlicher und können darum Zeitdifferenzen lokalisatorisch leichter zur Geltung kommen lassen.

Es ist hier der Ort, kurz auf die höchst beachtenswerten Versuche hinzuweisen, die Klemm über die Wirksamkeit kleinster Zeitunterschiede im Gebiete des Tastsinnes durchgeführt hat.[1] Klemm bediente sich zur Reizgebung des Telephons. Hierbei lagen die beiden Zeigefinger der Vp. den Membranen zweier Telephone auf, die bei Stromunterbrechung Reize erzeugten, die Klemm als „Eindrücke auf das ruhende Tastorgan oder passives Tasten" bezeichnet. Die von Klemm an dieser Stelle ermittelten vibratorisch wirksamen Zeitdifferenzen passen gut zu den von uns für die Vibratoren ermittelten. Bei einer Vp. fand er sogar noch regelmäfsig Zeitintervalle von 0,1 σ wirksam! Klemm macht in seiner Arbeit selbst noch keinen Unterschied zwischen Drucksinn und Vibrationssinn, weist aber am Schlufs ausdrücklich hin auf diese von Katz aufgestellte Duplizität des Tastsinnes. Klemm erwähnt in seinen Versuchen keinerlei antiphonische Mafsnahmen, die zur Sicherstellung der Ergebnisse unbedingt nötig sind.

§ 11

Sukzessivschwelle für Berührungseindrücke

Entsprechend unserer methodischen Einstellung, vibratorische Leistungen zu vergleichen mit rein taktilen, unternahmen wir nun, die Sukzessivschwelle für rein taktile Eindrücke zu ermitteln. Die Versuchsanordnung ähnelte der im § 10. Statt der beiden Vibratoren bedienten wir uns zweier Apparate, die wir uns aus elektrischen Klingeln konstruiert hatten. Mit Hilfe dieser Apparate konnten wir Berührungsreize auslösen. Die Klöppel waren so zurechtgebogen, dafs sie bei Stromöffnung die durch 2 Nägel in geeigneter Lage gehaltenen Endglieder der Zeigefinger an der Volarseite leicht einmal berührten. Durch geeignetes Zurechtbiegen der Anker-

[1] O. Klemm, „Über die Wirksamkeit kleinster Zeitunterschiede im Gebiet des Tastsinnes". *Arch. f. d. ges. Psychol.* **50**.

feder liefs sich Intensitätsgleichheit der beiden Berührungsreize herstellen. Wir gingen natürlich aus von dem subjektiven Eindruck gleicher Intensitäten. Zur Herstellung der Zeitunterschiede bedienten wir uns eines Kontaktpendels. Wechsel der Raumlage erfolgte durch Vertauschung der beiden Apparate, Wechsel der Zeitlage durch Einschaltung einer Pohlschen Wippe. Ein Schirm zwischen unseren Apparaten und dem Kontaktapparat verbarg der Vp. alle Vorgänge am Kontaktapparat. Die Eichung der Skala des Kontaktpendels erfolgte mit Hilfe des Hippschen Chronoskops. Nach der Grenzmethode wurde absteigend der Zeitunterschied verkleinert bis zum Eindruck der Gleichzeitigkeit, aufsteigend wurde er vergröfsert bis zur Wahrnehmung eines gerichteten Zeitunterschiedes. Als Sukzessivschwelle für rein taktile Eindrücke ergaben sich folgende Mittelwerte (n = 10):

Vp.	H.	63 σ
„	F.	74 „
„	Fi.	76 „
„	Ke.	80 „
„	Za.	82 „ [1]
Durchschnitt		75 σ.

Leider war es mir nicht möglich, für die Versuche dieses Paragraphen dieselben Vpn. heranzuziehen wie in § 10, mit Ausnahme von Vp. Ke. An der Allgemeingültigkeit des Verhältnisses der in beiden Paragraphen erhaltenen Zeiten kann trotzdem kein Zweifel sein, wie auch Versuche mit weiteren Vpn., die hier nicht angeführt sind, bestätigen.

Ein Vergleich der hier erhaltenen Zeiten, die nicht mehr auflösbar sind (75 σ), mit denen, die wir bei Vibrationsimpulsen erhalten haben, zeigt, dafs wir es mit Zeiten von ganz anderen Dimensionen zu tun haben. Auch diese Versuche weisen auf

[1] Unsere Zahlen entsprechen übrigens dem Ergebnis, das Basler fand für nacheinander erfolgende Schläge an einer Zeigefingerspitze. Nach ihm mufste das Intervall, d. h. die Zeit zwischen Anfang des ersten und Anfang des zweiten Reizes meistens gröfser sein als rund 0,05 Sek., wenn die beiden Schläge als getrennt erkannt werden sollten. A. Basler, *Pflügers Archiv* **143**, S. 244.

die Notwendigkeit der Trennung von Druck-(Berührungs-)Empfindungen und Vibrationsempfindungen hin. Im Vibratorischen machen sich kleine, weit unterhalb der Zeitschwelle gelegene Zeitintervalle geltend, etwa als gerichtete Betonung oder Bevorzugung einer Seite. Von einer solchen Wirkung von Zeitintervallen unterhalb der Zeitschwelle kann nach unseren Erfahrungen im rein Taktilen nicht die Rede sein. Unterhalb der Zeitschwelle bleibt der Gesamteindruck unverändert. Es besteht ein Berührungserlebnis in beiden Fingern, ohne dafs die Möglichkeit einer gerichteten Unterscheidung gegeben ist. Der Gesamteindruck unterscheidet sich nicht von dem bei objektiver Gleichzeitigkeit.

§ 12
Zeit und Intensität

Da bei gleichen Intensitäten die Vibration nach der Seite des voreilenden Reizes und bei Gleichzeitigkeit der Reize nach der Seite der intensiveren Vibration lokalisiert wird, so darf es wohl als selbstverständlich gelten, dafs zeitliches Voreilen und höhere Intensität gleichsinnig wirken und sich in ihrem Lokalisationseffekt verstärken müssen, sobald sie zusammentreffen. In § 9 waren uns Fälle begegnet, wo es so schien, als ob der Zeitfaktor sich gegenüber einem vorhandenen Intensitätsunterschied doch durchzusetzen vermochte. Unsere Vibratoren erlaubten, Zeit- und Intensitätsfaktor unabhängig voneinander zu variieren und so der Frage nach dem Zusammen- oder Gegeneinanderwirken der beiden Faktoren systematisch nachzugehen. Bei der ersten Versuchsreihe gingen wir von einem merklichen Intensitätsunterschied beider Vibrationsimpulse aus. Bei Gleichzeitigkeit der Reize bestand deutliche lokalisatorische Bevorzugung desjenigen Vibrators, der mit dem stärkeren Akkumulatorenstrom betrieben wurde. Sobald wir aber den schwächeren Reiz um etwa 5 σ früher legten, wurde dieser lokalisatorisch bevorzugt. Bei der 2. Versuchsreihe gingen wir von subjektiv gleichen Intensitäten aus. Die Vibration in Vibrator I ging der in Vibrator II um 20, 5 und 2 σ voraus. Bei 20 σ befanden sich die Vpn. Rs., Ke., Er. und K. über der Zeitschwelle, während bei Vp. N. schon der

Zeitunterschied als solcher erloschen war und sich nur in Unterdrückung der II. Empfindung äufserte. Nun wurde die vorausgehende Vibration mehr und mehr geschwächt. Zunächst wurde noch die richtige Reihenfolge erkannt. Einzelne Vpn. bemerkten auch, dafs die Intensität in I schwächer wurde. Dann folgte für alle Vpn. eine mehr oder minder breite Zone der Unbestimmtheit. Gleichzeitigkeitsurteile ohne jede Betonung wechselten mit widersprechenden Angaben über Unterschiede von Zeit und Intensität. Bei einer bestimmten Gröfse des Intensitätsunterschiedes trat wieder Zweiheit des Eindruckes auf, aber mit umgekehrter Reihenfolge. Der zuerst ausgelöste aber geschwächte Reiz wurde als zweiter empfunden; bei den Vpn. N. und Rs. kam es zur Unterdrückung des vorangehenden Reizes. Hier war also der Punkt erreicht, wo der durch Voreilen eines Reizes bedingte Lokalisationseffekt aufgehoben wurde durch Intensitätsabnahme desselben Reizes.

Was die akustische Lokalisation angeht, so behaupten v. Hornbostel und Wertheimer: „Nach all dem kann für die besprochenen Lokalisationserscheinungen die Zeittheorie füglich als bewiesen, die Intensitätstheorie als unhaltbar angesehen werden.“[1]

Demgegenüber kommt Wittmann zu dem Ergebnis: „In Übereinstimmung mit den Beobachtungen von v. Kries und O. Klemm und den von Dr. Stenzel und den anderen Praktikern gemachten Erfahrungen darf ich sagen, dafs die Schalllokalisation bei dichotisch aufgenommenen kurzdauernden Reizen sowohl von den Intensitätsdifferenzen wie von den Zeitdifferenzen der Reize abhängt. Beide können sich in ihrem Lokalisationseffekt je nachdem unterstützen oder mehr oder weniger aufheben.“[2]

Was die vibratorische Lokalisation angeht, so haben unsere Versuche ergeben, dafs sowohl Zeit- wie Intensitätsfaktoren als wirksam anzusehen sind. Sie können sich in ihrer Wirksamkeit je nach den Bedingungen unterstützen oder bekämpfen.

---

[1] v. Hornbostel u. Wertheimer, Über die Wahrnehmung der Schallrichtung. Sitz.-Ber. d. Preufs. Akad. d. Wiss. 1920, S. 393.

[2] Joh. Wittmann, Beiträge zur Analyse des Hörens bei dichotischer Reizaufnahme. *Arch. f. d. ges. Psychol.* **51**, S. 69.

Geht man von der berechtigten Annahme aus, daſs es ein weitgehendes Entsprechen im Akustischen und Vibratorischen auch bezüglich der Lokalisation gibt, so sprechen unsere Resultate gegen eine reine Zeittheorie im Akustischen und zugunsten der Wittmannschen Auffassung.

Zum Schluſs bleibt mir nur noch die angenehme Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Katz herzlichst zu danken für die Anregung zu dieser Arbeit und ihre weitgehende Förderung. Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Dr. Keller für unermüdliche Mitarbeit bei der Durchführung der Versuche. Ebenso möchte ich auch an dieser Stelle allen den Damen und Herren danken, die sich in liebenswürdiger Weise als Vpn. zur Verfügung gestellt haben.[1]

Verzeichnis der Versuchspersonen

A. Fräulein Abel, Lehrerin.
Ar. Julius Ahrensberg, Zögling der Israelitischen Taubstummenanstalt Berlin-Weiſsensee.
B. Wilma Becker, 13jährige Schülerin einer Rostocker Förderklasse.
Cz. Hans Czempin, Zögling der Landes-Taubstummenanstalt Berlin-Neukölln.
E. Herr Studienrat Dr. phil. Eilers.
Ei. Fräulein Dr. phil. Eilers.
Er. Herr stud. phil. Erhardt.
F. Herr Dr. phil. Fischel.
Fi. Herr stud. phil. Fink.
Fl. Fräulein stud. phil. Filmer.
G. Hertha Göllnitz (Förderklasse).
H. Fräulein stud. phil. Hese.
Hei. Ilse Heidtmann (Förderklasse).
Hi. Erika Hierundar (Förderklasse)
K. Verfasser.
Ka. Herr Prof. Katz.
Ke. Herr Privatdozent Dr. Keller.
Ki. Frau Irmgard Kietzmann.
Kr. Herr cand. phil. Krog.

---

[1] Zur Herstellung der Apparaturen wurden zum Teil Mittel verwandt, die dem Institut von seiten der Mecklenburgischen Landesuniversitätsgesellschaft zur Verfügung gestellt waren, wofür ihr auch an dieser Stelle gedankt sei.

L. Herr cand. phil. Loheit.
Le. Fräulein Lettkow.
M. Fräulein cand. phil. Maibaum.
Mr. Walter Mainzer (wie Ar. gehörlos).
N. Herr Dr. Noldt.
Ni. Herr cand. phil. Niemann.
P. Fräulein Pies.
Pf. Herr Dr. Pfeifer.
P.S. Herr cand. phil. Parow-Souchon.
R. Herr Dr. Reichner.
Ro. Usiel Rohald (wie Ar. gehörlos).
Rs. Herr cand. phil. Rossmann.
Sch. Fräulein stud. phil. Schmidt.
Schr. Jacob Schur (wie Ar. gehörlos).
Sk. Leo Skalawski (wie Ar. gehörlos).
St. Fräulein cand. med. Stüber.
Stei. Alfred Steiner (wie Ar. gehörlos)
Str. Magdalene Sturm (Förderklasse).
T. Herr stud. phil. Teeck.
Th. Helmut Thomas (wie Cz. gehörlos).
U. Herr Dr. Ulrich, Assistent am Zool. Institut.
Z. Herr stud. ing. Zeitlin (meines Wissens der erste Gehörlose in Deutschland, der die Reifeprüfung abgelegt hat).
Za. Fräulein stud. math. Zachert.

Lebenslauf

Ich bin am 2. 2. 1889 in Kramske bei Schneidemühl als Sohn eines Fleischermeisters geboren. Bis zu meinem 14. Lebensjahre besuchte ich eine Volksschule. Mit 20 Jahren wurde ich nach der damals üblichen Ausbildung (3 Jahre Präparandenanstalt und 3 Jahre Lehrerseminar) Volksschullehrer. 1921 erwarb ich mir nach privater Vorbereitung das Reifezeugnis eines Realgymnasiums. Darauf studierte ich in Berlin und Wintersemester 1924/25 bis Wintersemester 1925/26 in Rostock.

Als Lehrer beschäftigte ich mich in erster Linie mit Psychologie. Daneben habe ich englische und romanische Philologie getrieben. Im Psychologischen Institut der Universität Rostock arbeitete ich experimentell unter Anleitung von Herrn Professor Katz, dem ich mich zu besonderem Dank verpflichtet fühle.

Staatsangehörigkeit: Preufse.

Charlottenburg, im Oktober 1926.

Otto Kietzmann

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.